الدكتور محمد هاشم البشير

العناصر المشعة

في الهواء الجوي





العناصر المشعّة في
الهـــواء الجـــوي

العناصر المشعة في الهــــواء الجــــوي

محمد هاشم البشير



الطبعة الأولى

2013 م - 2014م

المملكة الأردنية الهاشمية رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2013/8/3050)

363.7

البشير ، محمد هاشم

العناصر المشعة في الهواء الجوي /محمد هاشم البشير

- عمان: دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، 2013

( ) ص.

ر.إ.: (2013/8/3050)

الواصفات:/التلوث // التلوث الأشعاعي//المشاكل البيئية /

* أعدت دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية

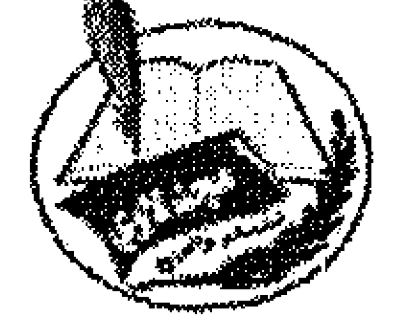
* يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

دار مجدلاوي للنشر والتوزيع

تليفاكس : ٥٣٤٩٤٩٧ - ٥٣٤٩٤٩٩

ص . ب ١٧٥٨ الرمز ١١٩٤١

عمان - الاردن



Dar Majdalawi Pub.& Dis.

Telefax: 5349497 - 5349499

P.O.Box: 1758 Code 11941

Amman- Jordan

www.majdalawibooks.com

E-mail: customer@majdalawibooks.com

ISBN 978-9957-02-540-3 (ردمك)

الآراء الواردة فى هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة عن وجهة نظر الدار الناشرة.

المحتويات

مُقَدِّمَة

بعد مرور خمسة وعشرين عاماً على كارثة تشرنوبيل، جاءت فاجعة مفاعل فوكوشيما النووي في اليابان لتثبت لنا بما لا يدع مجالاً للشك أن النعمة المزعومة المتمثلة في العصر النووي ليست أكثر من أوهام: فالطاقة النووية ليست نظيفة ولا آمنة ولا رخيصة. بل إن العكس هو الصحيح. فالطاقة النووية مثقلة بثلاثة مخاطر رئيسية لم تُحَل بعد: سلامة المحطات النووية، ومسألة النفايات النووية، والتهديد الأعظم على الإطلاق المتمثل في خطر الانتشار النووي العسكري. فضلاً عن ذلك فإن بدائل الطاقة النووية - والوقود الأحفوري بطبيعة الحال - معروفة وأكثر تقدماً ودواماً. والواقع أن خوض المجازفة النووية ليس ضرورة؛ بل إنه اختيار سياسي متعمد.

إن الوقود الأحفوري والطاقة النووية ينتميان إلى اليوتوبيا التكنولوجية في القرنين التاسع عشر والعشرين، والتي ترتكز على اعتقاد في براءة كل ما هو ممكن تكنولوجيا وعلى حقيقة مفادها أن القادرين على الاستفادة من التقدم التكنولوجي في مختلف أنحاء العالم في ذلك الوقت كانوا قِلة من الناس، وأغلبهم في الغرب.

ثم على نحو مناقض لذلك تماما، أدرك الناس في القرن الحادي والعشرين أن النظام البيئي العالمي وما يحتوي عليه من موارد لا غنى عنها لبقاء البشرية محدود، وأن هذا يعني ضمناً المسؤولية الدائمة عن الحفاظ على ما تبقى لنا من هذه الموارد. وينطوي الوفاء بهذه الضرورة الملحة على تحد تكنولوجي هائل وفرصة لإعادة تحديد معنى الحداثة.إن مستقبل الطاقة لنحو تسعة مليارات من البشر، وهو مجموع سكان العالم في منتصف هذا القرن، لا يكمن في الوقود الأحفوري ولا في الطاقة النووية، بل إنه يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة والتحسينات الكبيرة في كفاءة

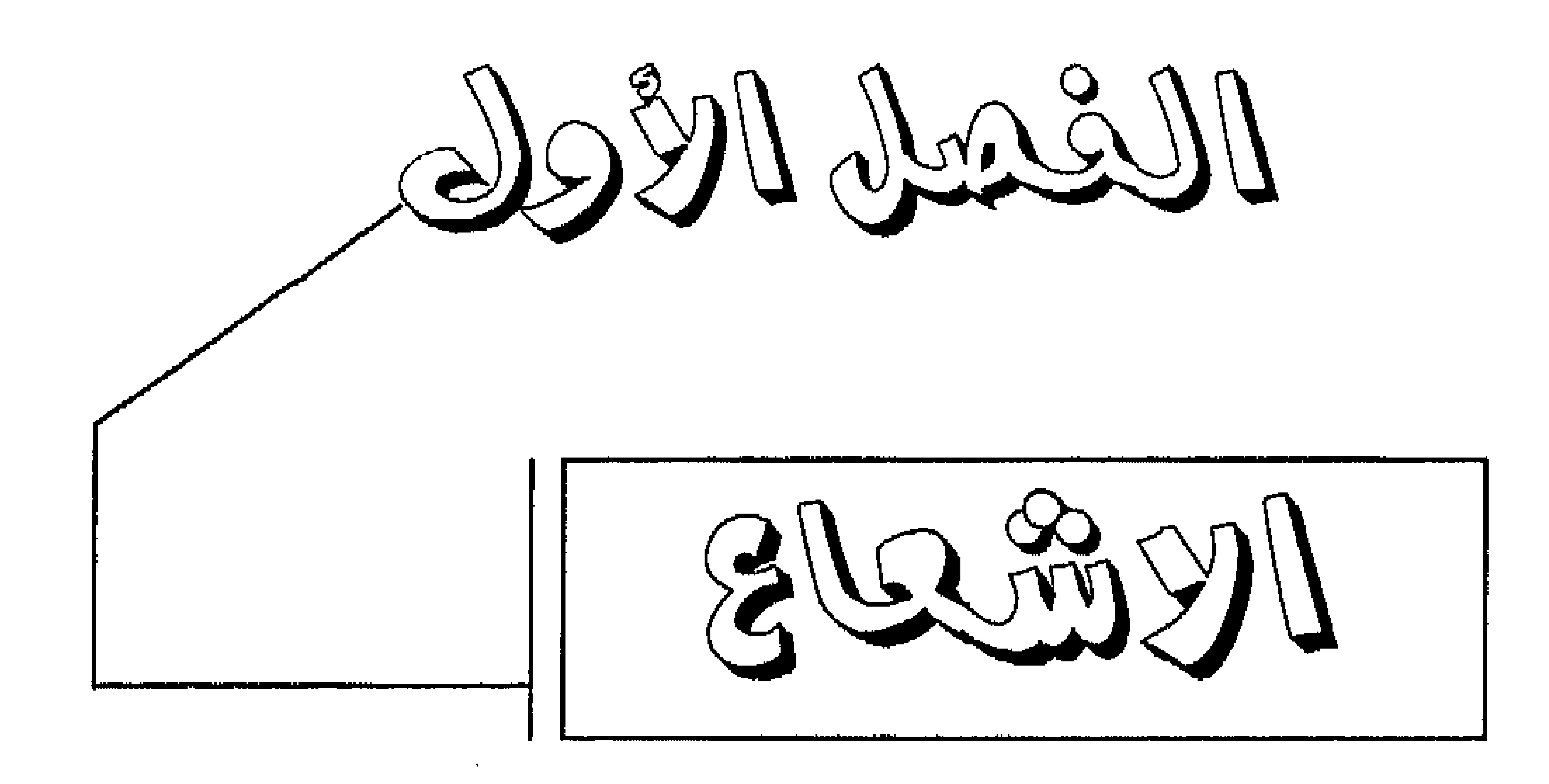
استخدام الطاقة. لماذا إذن تخاطر الدول فتخوض مجازفة قد تودي بنا إلى الكارثة بسعيها إلى توليد الطاقة من انشطار مواد نووية مشعة؟

كيف إذن قد يتفاعل العالم - وخاصة القوى النووية الرئيسية - إزاء كارثة فوكوشيما؟ تُرى هل ينحسر المد حقا، فيتحرك العالم نحو مستقبل خال من الأسلحة النووية؟ أم هل نشهد محاولات للتهوين من خطورة الكارثة والعودة إلى العمل كالمعتاد في أقرب وقت ممكن؟

لقد قدمت كارثة فوكوشيما للعالم فرصة جوهرية وبعيدة الأثر للاختيار. فقد كانت اليابان، بلد التكنولوجيا الفائقة المتميزة هي التي أثبتت عجزها عن اتخاذ الاحتياطات الكافية لتجنب الكارثة في أربعة مفاعلات. كيف إذن قد يبدو تقييم الخطر في المستقبل إذا بدأت بلدان أقل تنظيماً وتقدما في اكتساب قدرات الطاقة النووية المدنية؟

ان كارثة فوكشيما فتحت الباب على مصراعية للبحوث والدراسات حول ثلوث الهواء الجوي بالنويدات المشعة فالهواء يسهم بصورة فعالة في نقل الغبار الذري من دولة الي اخرى وبالتالي تسمم اشعاعي للزرع والتربة .

في هذا الكتاب محاولة للتعرف على بعض العناصر المشعة في الهواء الجوي وبعض الانشطة التي تسهم في زيادتها.



Radiation

الاشعـــــاع
Radiation

مقدمة :

كلما تقدمنا فى استخدام الطاقة النووية والمصادر الاخرى للإشعاع كلما ذادت اهمية التأثيرات التى تحديثها الاشعاعات على الجسم البشرى وعلى المواد التى تستخدمها ويمكن تعلم القدر الكبير من المعلومات عن الاشعاعات ذات الطاقة العالية وذلك عن طريق دراسة الخواص النموذجية لجسيمات الفا (α) وجسيمات بيتا (β) والنيترونات وأشعة جاما(γ).[1]

ان النشاط الاشعاعى موجود فى كل مكان وقد وجد منذ القديم على الارض حيث كان كثيفاً فى الماضى. اننا نعيش فى محيط مشع دون ان نشعر فالانسان معرض دائماً للاشعاعات حيث انه فى جسم كل منا ينتج فى المتوسط 8000 انحلال اشعاعى فى الثانية.[2]

مفهوم الاشعاع :

الاشعاع طاقة تطلق فى شكل موجات اوجسيمات صغيرة من مادة وله اشكال عديدة مثل اشعة الشمس واشعة الضوء والاشعة السينية واشعة جاما والاشعاع الصادر من المفاعلات النووية .

(1-2-1) الاشعاع النووي Nuclear Radiation:

ظاهرة فيزيائية تحدث من الذرات غير المستقرة للعناصر وفيه تفتقد نواة الذرة بعض جسيماتها وتتحول ذرة العنصر الى عنصر اخر أو نظير اخر من العنصر ذاته .

لمحة تاريخية :

اكتيف هنرى بيركل Becquerel (1908_ 850) عام 1896 ان كل املاح اليورانيوم تصدر اشعاعاً . لم تكن طبيعية واضحة في ذلك الوقت تستطيع اختراق المادة وتستطيع نسخ صور موضوعة فى الظلام . واثبت بيركل ان الشعاع الذى اكتشفه يصدر عن جميع مركبات اليورانيوم . واتضح له ان هذا الاشعاع يحدث بصورة تلقائية مستمرة ولا تؤثر عليه المؤثرات العادية مثل الضغط ودرجة الحرارة لهذا سمى اشعاع اليورانيوم اشعاعاً نشطاً Radioactive Radiation وتسمى هذه الظاهرة بالنشاط الاشعاعى.

فى عام 1898 قام بيركورى (pierecarie) (1906 _1859) وزوجتة مدام كورى باكتشاف النشاط الاشعاعى للثوريوم كما اكتشف فى نفس الوقت عنصرين جديدين يوجدان فى خامات اليورانيوم العنصر الاول اطلق عليه اسم الراديوم وهو عنصر اقوى فى نشاطه الاشعاعى من اليورانيوم . وبعد 10 سنوات اكتشف رذرفودر (Ruther ford) (1937_1871) فى عام 1908 الغاز النشط اشعاعيا الرادون (Radon Rn 86) بواسطة التحليل الطيفى.[3] كان العالم فيرمي ENrico frmi فى العام 1934 يقوم ببعض التجارب للحصول على نظائر العناصر عن طريق قذف النوى بالنيوترونات وعندما وصل الى عنصر اليورانيوم (العنصر الاخير فى الجدول الدورى فى ذلك الوقت).وتوقع ان قذف العنصر بالنيوترونات سيؤدي الى وجود نواة غير مستقرة تقوم باطلاق جسيمات (بيتا B) وبالتالى ازدياد العدد الذرى من 92 الى 93 وإنتاج عنصر جديد فى الجدول الدورى ولكنه لم يحصل على ما توقعه ولم يستطيع التعرف على نواتج التفاعل واستمرت الابحاث والدراسات من العام 1935 الى العام 1938 حيث قام عالم كيميائي المانى يسمى اذانوداك) بالتعرف على نواتج التفاعل وأوضح ان نواة اليورانيوم انشطرت الى نوعين متوسطين الكتلة وقد اكدت الدراسات صحة ما افترضه هذا العالم.[4]

(1-2-2) الانشطار النووى Nuclear fission

هو انقسام نواة ثقيلة الى نواتين متوسطين الكتلة وانتاج كميات هائلة الطاقة نتيجة تفاعل نووى ولاحداث الانشطار تقذف النواة الثقيلة من اليورانيوم 235 جسيمات خفيفة نسبياً مثل النيوترونات التى تعد افضل القذائف لانها لا تحمل شحنة.

(1-2-3) التفاعل النووى:

هو ظاهرة كونية غير مستمرة ينتج عنها طاقة كبيرة يمكن ان تستغل سلباً او ايجاباً

انواع الاشعات النووية :

أولاً: جسيمات الفا :

يصدر هذا النوع من الاشعة من العناصر الثقيلة اى غير المستقرة والمميزة ب (A7180) وهى التى نجدها فى اخر جدول مندليف فتتحول الى نواة اخت من النواة الام مع اصدار هيليوم He_2^4.

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}y + He_2^4 \qquad (1-1) $$

ثانياً:جسيمات بيتا β^- :

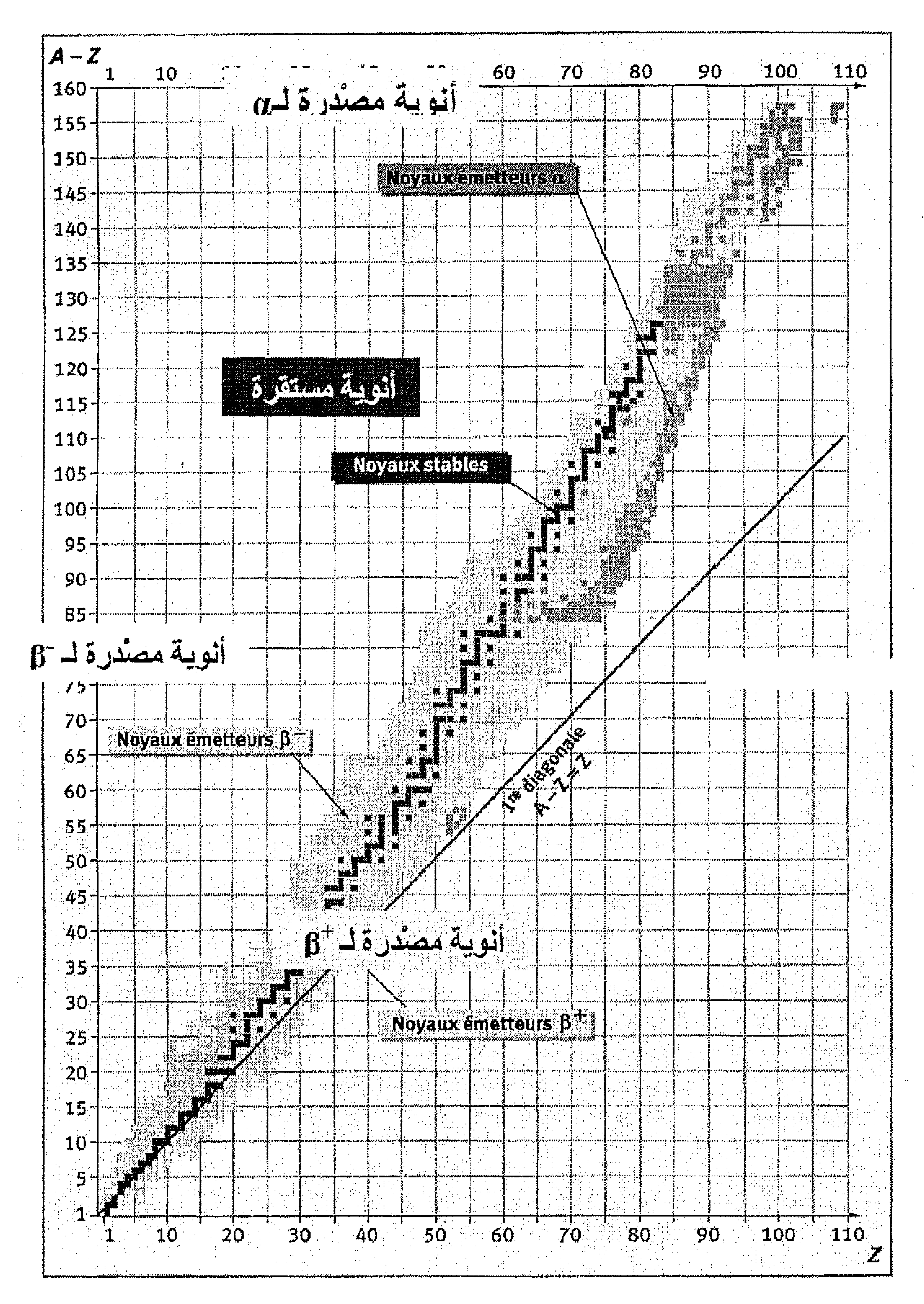
تصدر من الانوية غير المستقرة التي يكون عدد نيوتروناتها اكبر من برتوناتها حيث يتحول نيترون إلى بروتون مع اصدار إلكترون وتكون المعادلة تفككها على النحو التالي :

ثالثاً جسيمات بيتا β^+:

اكتشف في العام 1934 من قبل ايرين ،وفريديرك جوليو وهو يصدر من الأنوية التي تعاني من زيادة في البروتينات. حيث يتحول البرتون إلى نيترون وبزترون ومعادلة تفككها :

رابعاً : جسيمات جاما γ :

وهي اشعاعات لاتؤثر في عدد النيوترونات A ولا العدد الذري وهي في كثير من الاحيان تكون مصاحبة لجسيمات بيتا والفا وتسير بسرعة الضوء m/sec^2 3×10^8 وتكون معادلة تفككها على النحو التالي :



الشكل (1- 1): يوضح مخطط Z و N

جدول(1- 1): يوضح الفرق بين الاشعاعات النووية

الإشعاع	الطبيعة	الرمز في الفيزياء النووية	الكتلة المقربة u	الشحنة
α^{++}	نواة الهليوم	$^{4}_{2}He$	4,00150 u	+2 e
β^{-}	إلكترون	$^{0}_{-1}e$	0,000549 u	-e
β^{+}	بوزترون	$^{0}_{1}e$	0,000549 u	+e
γ	إشعاع كهرومغناطيسي	γ	0	0

النشاط الاشعاعى :

هو عملية تحويل تلقائ للانوية غير المستقرة (المشعة) لعنصر ما إلى انوية ذرات عناصر اخرى مستقرة عن طريق نوع معين من الإشعاع.

(1- 4- 1) التفكك الاشعاعى : The Radioactive Decay

يعتبر التفكك الاشعاعى مع اصدار حسيم الفا وبيتا اواشعاعات جاما عملية احصائية خاضعة لقوانين الفيزياء الاحصائية ؛ حيث انه ليس بالامكان توقع النواة او النوى التى يمكن ان تتفكك فى لحظة معينة . ويمكن ايجاد القانون الذى تتفكك بموجبه النوى انطلاقاً من النظرية الاحصائية.

(2- 4- 1) عمرالنصف : the half -life

يعرف عمر النصف لنواة ذات نشاط اشعاعى بأنه الفترة الزمنية التى يتناقص خلالها عدد النوى المشعة الى نصف العدد الاصلى.

إشعاع مؤين (Radiation Ionizing):

سمي بذلك لأن هذا النوع من الإشعاع له القدرة على تأين الذرات التي يمر خلالها وذلك بإخراج جسيم (أو عدة جسيمات) ذو شحنة معينة من الذرة. (المتعادلة الشحنة) وتبقى بقية الذرة تحمل شحنة معاكسة لهذا الجسيم (أو الجسيمات) المنطلق من الذرة.

يمكن تقسيم الاشعاع المؤين الى قسمين :

- اشعاع فوتونات (photons) وتشمل الاشعة السينية واشعة جاما.
- اشعاع الدقائق (particulate radiation) : او الجزيئات الدقيقة ويشمل الالكترونات و البروتونات والنيوترونات وجزيئات الفا (alpha particles) وبيتا (beta particles).

إشعاع غير مؤين (Non-Ionizing Radiation):

ليس لديه المقدرة على تأيين الذرات مثل الإشعاعات الكهرومغناطيسية ومنها موجات الراديو والتليفزيون وموجات الرادار والموجات الحرارية القصيرة (ميكروويف) والموجات دون الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والضوء العادي.

الجرعة الاشعاعية :

فى كثير من تطبيقات الاشعاع تكون الاثار المفيدة او(الضارة) للاشعاع متناسبة بالتقريب مع كمية الطاقة الاشعاعية الممتصة . ومن ثم تلزمنا وحدة لقياس الطاقة الممتصة من حزمة اشعاعية داخل المادة وتسمى وحدة الطاقة الاشعاعية الممتصة (rad) (الراد) وتعرف كمايلى :

عندما يتعرض 1g من المادة ويقوم بامتصاص 10^{-5} j من الطاقة الاشعاعية فان الجرعة المتصة تكون 1rad ان rad هو مقياس للطاقة الممتصة فى وحدة الكتلوتؤدى الطريقة التى يعرف بها rad الى ان نفس الشعاع ينتج عنه جرعات مختلفة فى المواد المختلفة

الشعاع الذى يمر خلال لحم ادمى سيمتص بصورة اقل مما يمتص من العظام ونتيجة لهذا ؛ اذا مر شعاع خلال شخص ما فانه يسبب جرعة اكبر من العظام التى يمر خلالها اكثر مما يسبب للحم ولسوء الحظ ليس ال rad بالوحدة الجيدة لقياس اثر الاشعاع على البشر وتكمن الصعوبة فى ان الانواع المختلفة للاشعاع تسبب اضرار متباينة للانسجة البشرية .

الجرعة التى تبلغ 1 rad من الاشعاع الالكتروني تسبب ضرراً مقداره 10 ما تسببه جرعة مساوية من شعاع من النيوترونات والبروتونات وعلى الرغم من ان وحدة الراد تعتبر مناسبة لإجراء مقارنة بين تاثيرات نفس النوع من الشعاع الا انها تصبح غير ملائمة عند مقارنة انواع مختلفة من الاشعاع.

يقاس التأثير اليولوجى للاشعاع الممتص بدلالة وحدة تسمى (رم rem) (man rad equival ent) وهى وحدة مقارنة بمعنى انها تقيس الاثر ذلك بمقارنة بالأثر الذى يحدث شعاع من اشعة x طاقته 1mev

حين يمتص 1 rd من الاشعة x فان كمية محددة من التلف البيولوجى تحدث . ويعرف ال rem بحيث ان (اشعة x كمية محددة) الجرعة مقدراها r 1 d من اشعة x ذات الطاقة 1mev .

ولكى توضح وحدة rem بحيث ترتبط ارتباطا مفيدا مع وحدة radفاننا ندخل فى كمية تسمى عامل الجودة Q f للاشعاع.

جدول يوضح القيم التفريبية لمعامل الجودة QF (RbE)

نوع الاشعاع	قيمة Q F التقريبية
اشعة X الالكترونات	1.0
البيوترونات والبروتونات السريعة	10
التأثير على العين	30
جسيمات	10.20
النيوترونات البطئية	4.5

وحدات قياس الإشعاع :

نتيجة لأن الكائنات الحية لا تحس بالإشعاعات المؤينة الساقطة عليها وذلك لقدرتها العالية على اختراق الأجسام وهى تفقد طاقتها عن طريق تأين جزيئات الماء الموجودة في الجسم، لذا يجب الكشف عنها وتحديد كميتها. وهناك وحدات خاصة بقياس كمية الإشعاعات والجرعات الإشعاعية.

❖ **التعرض**: **Exposure**

عند تعرض الخلايا الحية للإشعاعات المؤينة تمتص هذه الخلايا جزءاً من الطاقة التى تحملها الإشعاعات (وربما تمتص الطاقة كلها) الطاقة الممتصة داخل الخلايا هى التى تؤدى إلى تلفها.

والتعرض هو عبارة عن كمية الإشعاعات المؤينة التى يتعرض لها جسم الكائن الحى ووحدة قياسه هى الرونتجن بالنسبة للأشعة السينية واشعة جاما.

❖ **الجرعة الممتصة**: Absorbed dose

هى كمية الطاقة التى امتصها الجسم من هذه الإشعاعات وأنسب طريقة لقياس التعرض هى قياس الشحنة الكهربية الناتجة عن الإشعاعات المؤينة.

❖ **الرونتجن**: Roentgen R

هى عبارة عن التعرض الذى يؤدى إلى إنتاج شحنة كهربية مقدارها 2.58× 10ع كولوم في واحد جم من الهواء الجاف عند درجة حرارة صفر مئوى وعند الضغط الجوى (76 سم زئبق) ولتكوين هذه الشحنة الكهربية في جم من الهواء تلزم طاقة مقدارها 87 أرج.

إذن ما هو كمية التعرض التى تؤدى إلى امتصاص كمية من الطاقة مقدارها 87 ت أرج جم لكل جم من الهواء الجاف عند الظروف المعيارية.

❖ **الراد:** Rad **وحدة قيس الجرعة الممتصة:**

وجد أن الطاقة الممتصة في الجسم البشرى نتيجة لتعرض مقداره رونتجن واحد هى عبارة عن 96 أرج. لذا فقد اتفق على وحدة لقياس الجرعة الممتصة.

تعريف بالراد: الواحد عبارة عن امتصاص طاقة مقدارها 100 أرج لكل جم واحد ويستخدم لجميع أنواع الإشعاعات والراد من المادة وتقاس الآن بالجراى Gray.

❖ **الجراى:** Gray

هى جرعة من الطاقة الممتصة مقدارها واحد جول لكل كجم من المادة.

وحيث أن الجول = 10 أرج، 1كجم=1000جم اذن 1 جراى = 100 راد.

❖ **العلاقة بين الرونتجن والراد والجراى:**

نظراً لأن معظم أجهزة القياس للجرعات الإشعاعية مدرجة بالرونتجن وجداول الجرعات موضوعة بالراد لذلك:

1 رونتجن في الهواء = 0.87 راد = 0.0087 جراى.

1 رونتجن بالنسبة لجسم الإنسان = 0.96 راد = 0.0096 جراى.

وللتقريب: 1 رونتجن بالنسبة لجسم الإنسان = 1 راد = 0.01جراى.

❖ **الأثر البيولوجى النسبى** Relative biological effect (RBE)

يختلف التأثير البيولوجى الناتج في جسم الإنسان عن نفس الجرعة الممتصة باختلاف نوع الإشعاعات. فمثلاً التأثير البيولوجى الناتج عن جرعة مقاديرها جراى من النيترونات السريعة أكبر من التأثير الناتج عن نفس الجرعة من الإشعاعات السينية بمقدار عشر مرات.

لذا يعرف التأثير البيولوجى النسبى RBE أنه النسبة بين قيمة الجرعة الممتصة من إشعاعات جاما عند طاقة معينة إلى قيمة الجرعة الممتصة من النوع الآخر من الإشعاعات بحيث يكون التأثير البيولوجى الناتج عنهما واحداً. ويختلف الأثر البيولوجى النسبى لأى نوع من الإشعاعات باختلاف طاقة هذه

الإشعاعات وكذلك باختلاف العضو أو النسيج بالجسم البشرى. لذا فإنه لأغراض الوقاية الإشعاعية تستخدم كمية أخرى تعرف باسم معامل النوعية.

❖ **معامل النوعية** Quality Factor

هو عبارة عن متوسط الأثر البيولوجى النسبى RBE لجسم الإنسان ككل ويستخدم هذه المعامل لأغراض الوقاية الإشعاعية لجسم الإنسان. أما الأثر البيولوجى النسبى فيستخدم للأغراض البيولوجية وعند علاج عضو معين.

ويبين الجدول التالى قيمة معامل النوعية لبعض أنواع الإشعاعات:

نوع الإشعاعات وطاقتها	معامل النوعية
بروتونات سريعة	10
جسيمات ألفا بطاقة عالية	20 -10
نيوترونات بطيئة	3
نيوترونات سريعة	10

❖ **الجرعة المكافئة للإنسان**

عبارة عن حاصل ضرب الجرعة الممتصة في معامل النوعية.

❖ **الرم** Roentgen equivalent man-rem

هى وحدة قياس الجرعة المكافئة للإنسان.

أى أن الجرعة المكافئة (بالرم) = الجرعة الممتصة (بالراد) × Q

تقاس حالياً بالسيفرت.

❖ **السيفرت** Sovert (Sv)

الجرعة المكافئة (بالسيفرت) = الجرعة الممتصة (بالجراى) × Q

أى أن 1 سيفرت = 100 رم.

❖ **معدل الجرعة** Dose Rate

هو عبارة عن قيمة الجرعة التى يحصل عليها الإنسان في وحدة الزمن الجرعة المتصة

= معدل الجرعة × الزمن.

❖ **الكيورى** Cuiry (Ci)

ويعرف بأنه كمية الأشعة المؤينة الصادرة من جرام واحد من الراديوم في الثانية الواحدة.

الاشعاع والخلية الحية :

لقد عرف الإنسان التأثير الضار للإشعاع منذ بداية اكتشافه وقبل أن يتعرف على طرق الوقاية منه، ومن هذه التأثيرات ملاحظة سقوط الشعر واحمرار الجلد نتيجة التعرض للأشعة السينية وإصابة مكتشف هذه الأشعة بسرطان الجلد، بالإضافة إلى ارتفاع نسبة الإصابة بسرطان الرئة لدى عمال مناجم اليورانيوم نتيجة استنشاقهم لغاز الرادون وغيرها من الحالات التي تم رصدها لدى العاملين في مجال الإشعاع ونتيجة للحوادث والتفجيرات النووية والأضرار التي نتجت عنها.

يعتمد التأثير البيولوجي للإشعاع على عدة عوامل منها نوع الإشعاع وطريقة التعرض له سواء كان خارجي أو داخلي، وحساسية العضو المتعرض للإشعاع وقابليته لتخزين المواد المشعة في حالة التعرض الداخلي. ويكون تأثير الإشعاع على خلايا الجسم بطريقتين، طريقة مباشرة وطريقة غير مباشرة، ففي الطريقة المباشرة يتم تكسير الروابط بين الذرات المكونة لجزيئات المادة الحية نتيجة التأين وبالأخص نواة الخلية مسبباً موتها أوتغير جيني بها أما التأثير غير المباشر فينتج عن تحلل الماء الذي يشكل ما نسبته 85- 70٪ من الجسم الحي وهذا بدوره ينتج مواد كيميائية سامة تؤثر على الخلية وعلى الخلايا المجاورة.

1- 4- 1 التأثير المباشر للإشعاع:

يحدث نتيجة تأين أو ثارة ذرات المادة المكونة للخلية المكونة للمادة الحية والذي يمكن أن يحدث في مكان ما من الجسم المتعرض للإشعاع. ويكون الجزء المتضرر من الإشعاع هو نواة الخلية أو المادة الوراثية فيها نتيجة تكسير الروابط بين جزيئات المادة. مؤدياً لموت الخلية أو التغير في الشيفرة الوراثية. مما ينتج عنه تشكل طفرة قد تكون سرطانية في الخلية. أو حدوث تشوهات في الخلية أو فقدان المادة الوراثية قدرتها على نقل المعلومات الوراثية للخلايا الجديدة. فعند حدوث هذه الطفرات فمن الممكن أن تكون في الخلايا الجينية مسببة في انتقال هذه الطفرة إلى الجيل القادم أو في الخلايا الجسدية مسببة انتقال هذه الطفرة الى الخلية المتولدة. وهذه التأثيرات تشمل الجرعات الصغيرة التي يتعرض لها الإنسان بشكل مستمر. حيث من الممكن أن تحدث هذا التأثير وبالتالي وجود تأثير تراكمي للإشعاع وبشكل احتمالي للجرعات الإشعاعية لغاية 250 ملي غري.

2- 4- 1 التأثير غير المباشر:

من المعلوم أن معظم الجسم الحي مكون من الماء. وبالتالي فان معظم التأثيرات المباشرة للإشعاع ستحدث في جزيئات الماء مسببة تفككها منتجة بذلك جذور حرة لها القابلية العالية على التفاعل مكونة بذلك مكونات سامة تؤثر على الخلايا من خلال هذه السمية. فعند تعرض الماء الى الإشعاع فإن جزئ الماء سيتحلل حسب المعادلة :

$$H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$$

ومن ثم فان الأيون الموجب للماء سيتحلل فوراً كما يلي:

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$$

وبالمقابل فإن الإلكترون الحر سيتم أخذه من قبل جزئ ماء غير متحلل لينحل مباشرة, حسب المعادلات التالية:

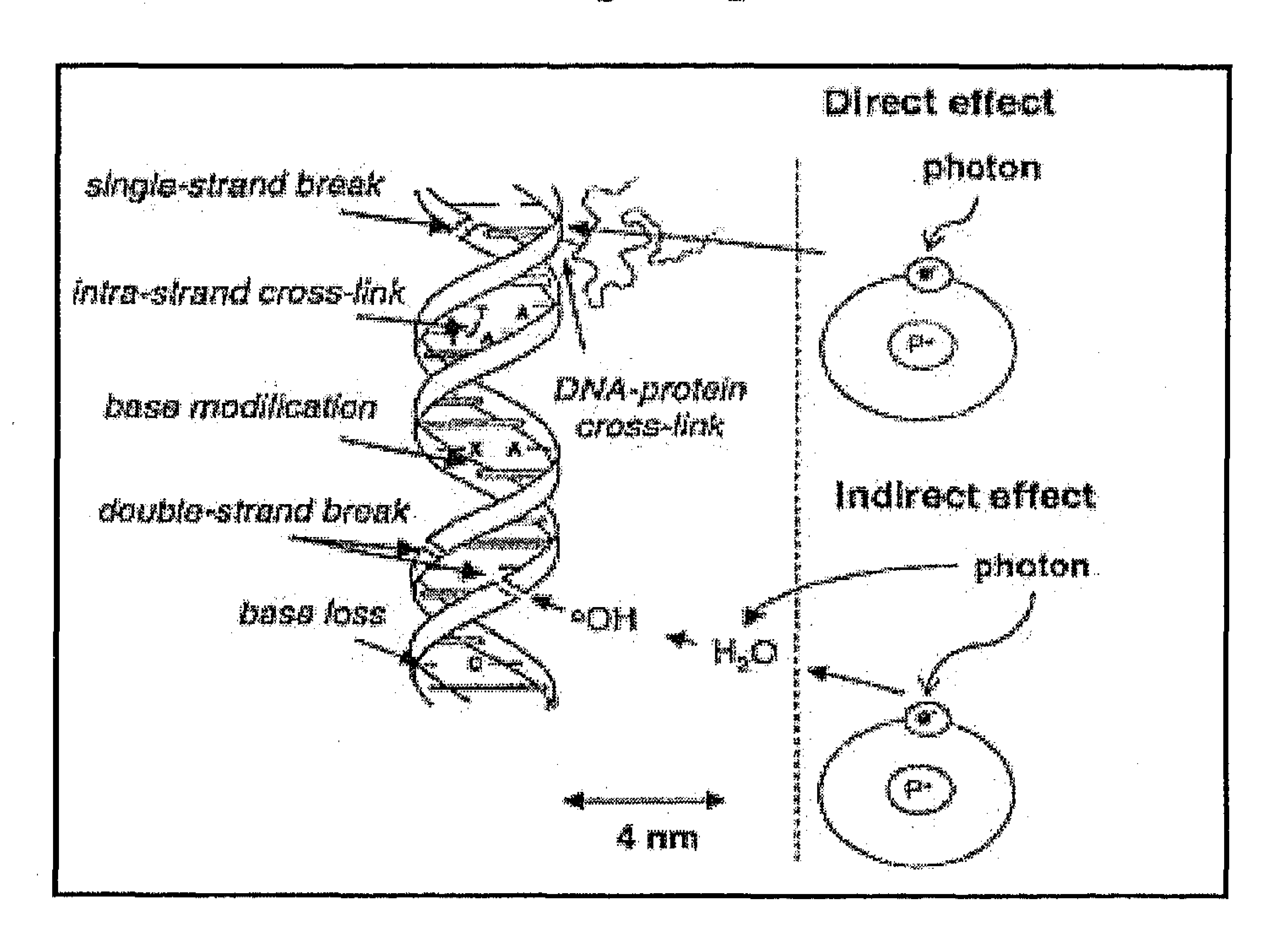
$$H_2O + e^- \rightarrow H_2O^-$$

والزمن اللازم لحدوث التفاعل يبدأ بالمرحلة الفيزيائية وهي مرحلة التأين والإثارة, وزمن هذه المرحلة يبلغ 10^{-14}ثانية, يتم خلالها التحلل, ومن ثم تأتي المرحلة الكيميائية التي يتم فيها تفاعل الجذور الحرة مع بعضها أو مع جزيئات أخرى في حال انتشارها

في زمن يتراوح مابين $10^{-11} - 10^{-6}$ ثانية حسب المعادلات التالية:

$$OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

$$H + O_2 \rightarrow H_2O$$



أما بالنسبة للإلكترونات التي تكون في حالة اقل بقليل من حالة التهيج والتي تكون قد تشكلت خلال المرحلة الفيزيائية تواصل عملية نقل الطاقة الى الماء المحيط بحركة دورانية, لتصبح حرارية بعد فقدها للطاقة وتعمل على تشكل مجموعة من جزيئات الماء حولها, حيث يتجمع حول كل الإلكترون من ست إلى ثماني جزيئات من الماء بحيث يكون اتجاه ذرات الأكسجين للخارج بسبب أن جزئ الماء يملك بالأصل مقدار زائد من الشحنة الموجبة عن ذرتي الهيدروجين, وزيادة قليلة في الشحنة السالبة عند ذرة الأكسجين وبالتالي فإن الإلكترون يشكل جذر حر نقي غير مرتبط يدعى بالإلكترون المائي كما هو مبين في المعادلة:

$$e^-_{sub} \rightarrow nH_2O \rightarrow e^-_{aq}$$

وفي حال وجود اشعاع ذو قدرة تأين عالية مثل جسيمات ألفا فإن معظم الجذور الحرة من OH ستتكون بالقرب من بعضها مما يزيد من قابلية تفاعلها مع بعضها قبل تفاعلها مع H مكونة بذلك مركب بيروكسيد الهيدروجينH_2O_2 الذي يكون مستقراً مع زمن كافي لانتشاره بعيدا عن منطقة التفاعل عالية التركيز إلى المناطق الأقل تركيزاً, وهذا المركب ذو قدرة عالية على التأكسد الذي يؤثر بطريقة غير مباشرة على الخلايا أما في حال وجود فإنه سيتفاعل مع الجذر الحر HO_2 مكون بيروكسيد الماء الحر مما يزيد من سمية الإشعاع

مصادر الاشعاعات المؤنية

(1_7_1) الاشعة الكونية : cosmic ray

المصدر الرئيسى لهذه الاشعة ناتج عن الحوادث النرجمية فى الفضاء الكونى البعيد ومنها مايصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات المشمسية التى تحدث مرة كل 11 سنة نولدة جرعة التصاعية كبيرة الى القلاف الغازى للارض وتتكون هذه الاشعة الكونية من 87 ٪ من البروتونات و 11٪ من جسيمات الف وحوالى 1٪ من النوى ذات العدد الذرى مابين , 26,4 وهواى 1٪ من الالكترونات ذات طاقة عالية جدا وهذا ماتمتاز به الاشعة الكونية لذلك فان لها قدرة كبرية على الاختراق .

كما انها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوى مولدة يذلك الالكترونات سريعة واشعة جاما ونيوترونات وميزونات ولايستطيع احد تجنب الاشعة الكونية ولكن شدتها على سطح الارض تبأين من مكان لاخر

(2 _ 7_1) القشرة الارضية :

ان من اهم العناصر المشقة فى صخور القشرة الارضية هى البوتاسيوم 40 والروبيدوم 87 وسلستنا العناصر المشعة المتولدة من تحلل اليوانيوم 238 النصف للعناصر المشعة الاساسية فلى صخور القشرة الارضية طويلة جدا لهذا بقيت فى الارض الى الان منذ خلقها فعمر النصف للبوتاسيوم 40 يذيد على الف مليون لسنه وعمر النصف الروبيدوم 87 يذيد على اربعين الف مليون سنة وهذه النظائر المشعة تبعث انواعا مختلفة من الاشعاع الذرى كجسيمات بيتا والف واشعة جاما .

الا ان هنالك اماكن على الارض يزداد قيها الاشعاع الطبيعى بشكل كبير نتجه لوجود تركيزات عالية من العناصر المشعة طبيعيا فى صخور القشرة الارضية.

(_7_1) داخل جسم الانسان :

يشع جسم الانسان من الداخل عن طريق كل من الهواء الذى يتنفسه والغذاء الماء الذى يصل ال جوفه ؛ فالهواء هو المصدر الرئسى للجرعه الاشعاعية الطبيعية التى تصل الى داخل جسم الانسان ومصدرها الاساسى غاز الرادون الموجود فى جو الارض والمتولد عن التحلل التلقائ لنظير اليورانيوم 238 الموجود طبيعيا فى صخور قشرة الارض وكذلك فأن كلامن الغذاء الذى يتناوله الانسان والماء الرئسى لتلك المواد المشعة فى النبات هو التربة التى تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية فتدخل فى بنائها كما ان بعض اغبار الذى تساقط على النبات ات وتدخل المواد المشعة ايضا مع الماء الى نشريه حيث تحتوى على الثار قليلة جدا منها .

للذلك تكون اجسامنا مشعة قليلا من الداخل نظر لوجود بعض العناصر المشعة فيها

جدول يوضح :_ مصدر الاشعاع المزمن والجرعة الناتجة عن كل نوع :_ (4)

مصدر الاشعاع المزمن	الجرعة رمللى رام / سنة
اشعة كونية Cosmic rays	41
اشعة	22.B
نوى مشعة داخل جسم الانسان	
بوتاسيوم _ 40	16
كريون - 14	2
الغبار النووى fall odu _1970	4
المفاعلات النووية Nuclear rea ct	0.003
التشخيص الطبى	72

الفصل الثاني

التلوث الاشعاعي

التلوث الاشعاعي

مقدمة :

يحدث التلوث الإشعاعي عند انطلاق أو تسرب المواد المشعة (صلبة , سائلة أو غازية) من الأوعية التي تحتويها من خلال ثقوب أو شروخ بها أو نتيجة لانفجارها . تندمج المواد المشعة بعد تسربها في عناصر البيئة المختلفة مثل الماء والتربة والهواء لتنتقل بعد ذلك إلى الإنسان.

وتلوث الماء يمكن أن ينتقل مباشرة إلى الإنسان بالتسرب أومن خلال تناول الحيوانات و الأسماك و النباتات البحرية التي تعتبر ذات قدرة علي تركيز المواد المشعة في أجسامها .

أما تلوث التربة فينتقل إلى النباتات ومنها إلى الإنسان مباشرة أو عند تناول الحيوانات التي تتغذى علي تلك النباتات الملوثة و بالرغم من ذلك فإن تسرب المواد المشعة إلى التربة هو أقل عمليات التلوث خطورة بسبب كونه موضعيا لأن الزمن اللازم لكي تتحرك المواد المشعة عبر طبقات التربة إلى أن تصل للمياه الجوفية يكون طويلا .و هذا التلوث أسهل في الكشف والتحديد و في التعامل معه وعلاجه.[7] وعند تلوث الهواء يؤدي ذلك إلى انتشار عام للتلوث في مناطق شاسعة إذا لعبت الرياح دورها في تحريك السحابة المشعة (كما حدث في حادث شير نوبل) . و قد ينتهي التلوث الهوائي بتساقط الغبار المشع علي مناطق مختلفة مما يؤدي إلى تلوث الأرض و الماء . وهذا التلوث لا يحدث إلا في الحوادث الرئيسية الذي يدمر فيها قلب المفاعل .

ويحدث أيضا تلوث الهواء عند زيادة تركيز غاز الرادون به . وغاز الرادون غاز خامل , عديم اللون و الرائحة و له نشاط إشعاعي ولذلك يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا المشحونة إلى نواتج صلبه تسمي ببنات الرادون Rn - daughters .

وعندما يستنشق الإنسان هذا الغاز تلتصق جسيمات ألفا المؤينة بالغشاء المبطن للشعب الهوائية بالرئة و تستقر كذلك بنات الرادون (s218Po , s214Bi , s214Pb) السامة بها .

ومن الجدير بالذكر بأن هذه النظائر جميعها باعث لإشعاعات جاما مما يسبب خطر الإصابة بالأمراض الصدرية مثل سرطان الرئة وقد فسر بعض العلماء ظاهرة " لعنة الفراعنة " بأنها تحدث نتيجة لتعرض الأشخاص الذين يفتحون المقابر الفرعونية لجرعة مكثفة من غاز الرادون المشع . ومن المعروف أن الرادون يتسرب إلى الهواء الجوي والمياه الجوفية و يصل إلى المنازل من خلال شقوق في أساساتها .

ويحدث أيضا تلوث الهواء عند زيادة تركيز غاز الرادون به . وغاز الرادون غاز خامل , عديم اللون و الرائحة و له نشاط إشعاعي ولذلك يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا المشحونة إلى نواتج صلبه تسمي ببنات الرادون Rn - daughters [8].

وعندما يستنشق الإنسان هذا الغاز تلتصق جسيمات ألفا المؤينة بالغشاء المبطن للشعب الهوائية بالرئة و تستقر كذلك بنات الرادون (s218Po , s214Bi , s214Pb) السامة بها .

ومن الجدير بالذكر بأن هذه النظائر جميعها باعث لإشعاعات جاما مما يسبب خطر الإصابة بالأمراض الصدرية مثل سرطان الرئة وقد فسر بعض العلماء ظاهرة " لعنة الفراعنة " بأنها تحدث نتيجة لتعرض الأشخاص الذين يفتحون المقابر الفرعونية لجرعة مكثفة من غاز الرادون المشع . و من المعروف أن الرادون يتسرب إلى الهواء الجوي والمياه الجوفية و يصل إلى المنازل من خلال شقوق في أساساتها لذلك يحذر علي ساكني الأدوار السفلي في المناطق الصخرية أحكام إغلاق النوافذ في الشتاء للحفاظ علي الهواء الدافئ داخل البيت و عدم التهوية المنتظمة . ذلك لأن الهواء المحبوس قد يكون حاملا للرادون المشع وبناته في (Rn- daughters) سلسلة التحولات المشعة التي تنتهي بالرصاص .وقد حددت و كالة حماية البيئة الأمريكيةs United States Environmental Protection Agency (EPA) حدود

التركيز الآمن لغاز الرادون في الهواء بما لا يزيد عن 1.25 بيكوكورى / لتر أي 1.25×10^{-12} كوري/لتر .[9]

لاشك ان مصادر التلوث الاشعاعي للبيئة يعتبر من اهم مشاكل العصر الحديث التى تواجه جميع الكائنات الحيه على سطح الكرة الارضية فبالرغم من التقدم الكبير الذى احرزه الانسان فى مختلف فروع العلم والتقنية إلا انه لا يزال حتى الان يعاني الكثير من مشاكل التلوث الاشعاعي للبيئة .

إن عالمنا الذي نعيش فيه عالم نشط إشعاعيا منذ الأزل، إذ أن هناك ما يربو على الستين نظير مشع (radio-nuclides) موجودة في الطبيعة في واحدة من ثلاث فئات:

1. فئة النظائر المشعة (الأولية) (Primordial) الطبيعية
2. فئة النظائر المشعة الكونية (Cosmogenic) الطبيعية
3. فئة النظائر المشعة المنتجة من قبل الإنسان (Human produced) او الصناعية.

توجد النظائر المشعة عادة ومنذ الأزل في البيئة (الهواء والماء والتراب). كما أنها متواجدة في أجسامنا، باعتبار أن أجسامنا ليست سوى نتاج لبيئتنا التي نعيش فيها. إن النشاط الإشعاعي الطبيعي شيء شائع في الصخور والأتربة المكونة لكوكبنا، وفي المياه والمحيطات، كما أنه شائع في مواد البناء المكونة لبيوتنا. وليس هناك من مكان على سطح الأرض يخلو تماما من النشاط الإشعاعي الطبيعي.[10]

المصادر الطبيعية للإشعاع:

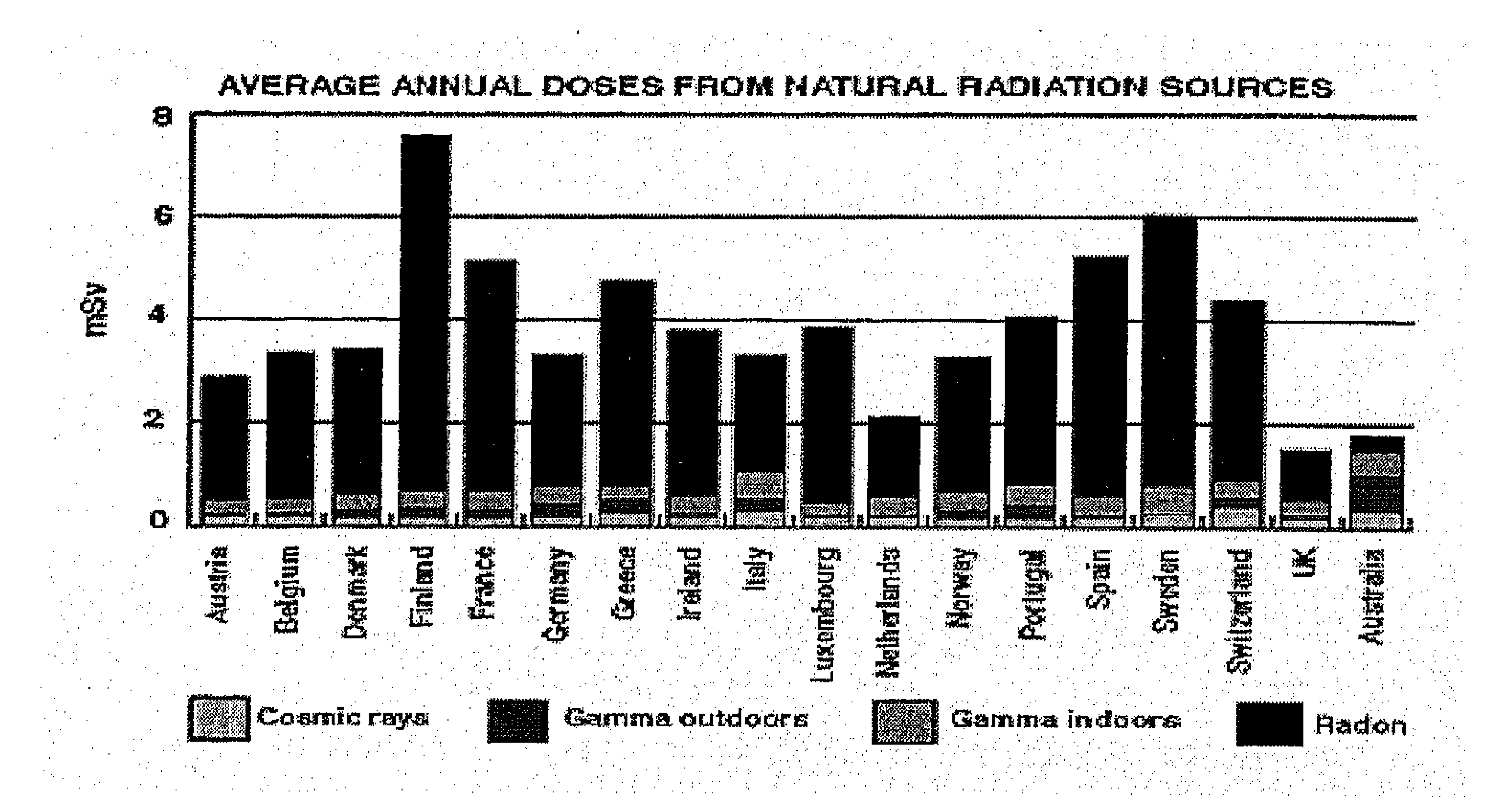
تسمى الذرات النشطة إشعاعيا باسم النظائر المشعة (radioactive isotopes). وهناك ما يزيد على الـ 1500 نظير مشع في الطبيعة تتوزع بدرجات مختلفة على فئات مصادر الإشعاع الثلاث المذكورة أعلاه. وتلعب مجموعة النظائر المشعة هذه دورا رئيسا في تعريض الإنسان لجرعة إشعاعية فعالة يبلغ متوسطها

السنوي في الولايات المتحدة (مثلا) حوالي 3550 ميكروسيفرت (μSv) للشخص الواحد، الجدول (1-2). ويبين الشكل (1-2) مستويات التعرض الإشعاعي الطبيعي في عدد من دول العالم.

يتضح من الجدول (1-2) أن نحو 82٪ من الجرعة السنوية الفعالة ينتج عن الإشعاع الطبيعي، كما يتضح أن معظم هذه الجرعة ينتج عن الرادون. أما الـ 18٪ الأخرى فسببها الرئيس هو الأشعة المستخدمة في التشخيص والمعالجة الطبية، حيث يقل الجزء الناتج عن التساقط النووي وعن محطات القدرة النووية (Nuclear Power Plant) عن الـ 1٪.[11]

الجدول(1-2): القيم المتوسط مكافئ الجرعة السنوية من الإشعاع الطبيعي للمواطن الأمريكي.

المصدر	متوسط مكافئ الجرعة السنوية الفعالة (µSv)
الرادون المستنشق ونواتج تفككه	2000
المواد المشعة المشعة الأخرى المترسبة داخل الجسم	390
الأشعة المنبعثة من الأرض (Terrestrial)	280
الأشعة الكونية (Cosmic Radiation)	270
التساقط النووي ومحطات القدرة النووية	10
الجرعة الكلية من المصادر الإشعاعية الطبيعية	2950
الجرعة من المصادر الإشعاعية المولدة صناعيا	600
الجرعة الإجمالية من مختلف المصادر	3550



الشكل (1-2): متوسط الجرعات السنوية الناتجة عن الإشعاع الطبيعي

نقف فيما يلي قليلاً عند شرحٍ مختصرٍ لمختلف مصادر الإشعاع الطبيعي التي يتعرض لها الإنسان بشكل عام.

(1-2-2)المواد المشعة الطبيعية (الأولية) (Primordial Radionuclides)

يعود أصل المواد المشعة الطبيعية إلى اللحظة التي خلق فيها الكون (وهذا هو سبب تسميتها بالبدائية)، ولمعظمها أعمار نصف طويلة جدا من رتبة مئات ملايين السنين. ونرى في الجدول (2- 2) أسماء وخصائص أشهر النظائر المشعة الواقعة ضمن هذه الفئة.

ويتصف العديد من المواد المشعة البدائية بوجود عدة نواتج لتفككها الإشعاعي (تفككها) تظهر على التوالي وتعرف باسم السلاسل الإشعاعية، كما في سلاسل اليورانيوم والثوريوم.

الجدول (2- 2): أسماء عدد من النظائر البدائية الشائعة ورموزها وبعض المعلومات المفيدة عنها.

النظير	الرمز	عمر النصف	النشاط الإشعاعي الطبيعي
اليورانيوم 235	^{235}U	$7.04x10^8$ y	يشكل ما نسبته 0.72٪ من مجموع نظائر اليورانيوم الطبيعي
اليورانيوم 238	^{238}U	$4.47x10^9$ y	يشكل ما نسبته 99.2745 ٪ من كل اليورانيوم الطبيعي، و 0.5 إلى 4.7 جزء بالمليون في فلزاته الصخرية
الثوريوم 232	^{232}Th	$1.41x10^{10}$ y	يشكل من 1.6 إلى 20 جزء بالمليون من الصخور
الراديوم 226	^{226}Ra	$1.60x10^3$ y	يتراوح نشاطه الإشعاعي بين 0.42pCi/g (16Bq/kg) و1.3 pCi/g (48 Bq/kg) في الصخور الشائعة
الرادون 222	^{222}Rn	3.82 d	غاز خامل يتراوح تركيزه المتوسط في الهواء في أمريكا (مثلا) بين 0.016pCi/L (0.6Bq/m^3) و 0.75pCi/L (28 Bq/m^3)
البوتاسيوم 40	^{40}K	$1.28x10^9$ y	يتراوح تركيزه في التربة بين 1pCi/g (37Bq/kg) و30 pCi/g (1100Bq/kg)

النظائر المنتجة بواسطة الإنسان (Human Produced) الصناعية

مضى على استخدام الإنسان للمصادر المشعة في تطبيقاتها المتعددة مائة سنة ، قام خلالها بإنتاج نظائر مشعة ومواد نووية جديدة أضيفت إلى المخزون الطبيعي من هذه المواد. إلا أن الكميات المنتجة بواسطة الإنسان قليلة جدا إذا ما قورنت بالمخزون الطبيعي منها. كما أن عمر النصف لمعظم المواد المشعة المنتجة بواسطة الإنسان قصير إذا ما قورن بالمواد المشعة الموجودة في الطبيعة. وقد شهدت كميات المواد النووية المنتجة بواسطة الإنسان تراجعا في مقدارها منذ وقف التجارب النووية فوق سطح الأرض. ويظهر في الجدول (3-2) أسماء عدد من المواد المشعة المنتجة بواسطة الإنسان وخصائصها الإشعاعية.

الجدول (3-2): عدد من النظائر المشعة الشائعة المنتجة بواسطة الإنسان وبعض المعلومات المفيدة عنها.

المادة المشعة	الرمز	عمر النصف	المصدر
اليود 131	^{131}I	8.04 d	أحد نواتج الانشطار في التفجيرات والمفاعلات النووية ، ويستخدم في المعالجة الطبية للغدة الدرقية
اليود 129	^{129}I	$1.57x10^{7}$ y	أحد نواتج الانشطار في التفجيرات والمفاعلات النووية
السيزيوم 137	^{137}Cs	30.17 y	أحد نواتج الانشطار في التفجيرات والمفاعلات النووية
السترونسيوم 90	^{90}Sr	28.78 y	أحد نواتج الانشطار في التفجيرات والمفاعلات النووية
التكنيسيوم 99	^{99}Tc	$2.11x10^{5}$ y	ينتج عن تفكك النظير ^{99}Mo ويستخدم في التشخيص الطبي
البلوتونيوم 239	^{239}Pu	$2.41x10^{4}$ y	ينتج عن قصف اليورانيوم 238 بالنيوترونات حسب التفاعل $^{238}U+n \rightarrow {}^{239}U \rightarrow {}^{239}Np+□ \rightarrow {}^{239}Pu+□$

النظائر المشعة ذات المنشأ الكوني (Cosmogenic Radionuclides)

تأتي الأشعة الكونية إلينا من خارج النظام الشمسي وهي تملأ الكون كله. وتكون عادة على عدة أشكال، بدءاً من الجسيمات الثقيلة والسريعة وانتهاء بالفوتونات ذات الطاقة العالية. تتفاعل الذرات المكونة لطبقات الجو العليا مع العديد من الإشعاعات الكونية مولدة نوى (نظيرات) جديدة مشعة (Radioactive Nuclides). ومع أنه بالإمكان أن يكون للمواد المشعة الناتجة أعمار نصف طويلة من الناحية النظرية، إلا أن غالبية هذه النظائر ذات أعمار نصف تقل كثيرا عن أعمار النظائر الأصلية. ويبين الجدول (4-2) أسماء وخصائص عدد من النظائر الكونية الشائعة.

ومن النظائر المشعة الكونية الأخرى المعروفة:

^{10}Be و C^{14} و ^{26}Al و ^{36}Cl و ^{80}Kr و Si^{32} و Ar^{39} و ^{22}Na و ^{35}S و ^{37}Ar و P^{33} و P^{32} و Mg^{28} و Si^{31} و F^{18} و ^{39}Cl و ^{38}Cl .

تتسبب الأشعة الكونية بنحو ربع ما يتعرض له الإنسان من الإشعاع الطبيعي الخارجي.

وتنشأ معظم هذه الأشعة كما أشرنا من أماكن بعيدة في الفضاء الخارجي. وينطلق بعضها من الشمس أثناء التوهجات الشمسية. تتعرض الأرض لهذه الأشعة التي تتفاعل مع الغلاف الجوي لتنتج أنواعاً أخرى من الإشعاع ومواد مشعة مختلفة. وفي العادة تسمى الأشعة الكونية قبل تفاعلها مع الغلاف الجوي ((بالأشعة الأولية)) وبعد تفاعلها تسمى ((بالأشعة الثانوية)).

الجدول (2-4): أسماء عدد من النظائر المشعة الكونية المعروفة ورموزها وبعض المعلومات المفيدة عنها.

النظير	الرمز	عمر النصف	المصدر	النشاط الإشعاعي الطبيعي
الكربون 14	^{14}C	$5.73x10^{3}$ y	التفاعل $^{14}N(n,P)^{14}C$	6pCi/g (220Bq/kg) في المواد العضوية
التريتيوم 3	^{3}H	12.3 y	التفاعل $^{6}Li(n,\square)^{3}H$ وتفاعلات الأشعة الكونية مع N و O	0.032pCi/kg (0.001Bq/kg)
البريليوم 7	^{7}Be	53.28 d	تفاعلات الأشعة الكونية مع N وO	0.27pCi/kg (0.01Bq/kg)

أ) الأشعة الكونية الأولية (الأصلية):

وهي الآتية من المجرات الفضائية من حولنا وتتكون هذه الأشعة كمايلي:

- 87٪ بروتونات.
- 12٪ جسيمات ألفا.
- 1٪ نوى ثقيلة مثل الكربون والنيتروجين والأوكسجين والكالسيوم والحديد.

ب) الأشعة الكونية الثانوية:

وهي الأشعة الكونية الناتجة بعد تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع مكونات الغلاف الجوي المعروفة وتتألف من:

- مكونات خفيفة مثل الإلكترونات والميزونات والفوتونات.
- مكونات ثقيلة مثل النيوترونات والبروتونات ومختلف الأيونات.

وعموماً تقل كثافة (أو تركيز) الأشعة الكونية الأولية مع الاقتراب من سطح الأرض بينما تزداد كثافة (أو تركيز) الأشعة الكونية الثانوية مع هذا الاقتراب. وفي النتيجة تكون المركبات السائدة من خليط هذه الأشعة وعلى الارتفاعات المختلفة كالآتي:

1. على ارتفاع 20 كم فأقل تكون الأشعة الكونية ثانوية فقط (وفيها تقع مستويات الطيران).
2. على ارتفاع 50 كم فأكثر تكون الأشعة الكونية أولية فقط.
3. بين هذين الارتفاعين تكون الأشعة الكونية خليطاً من الأشعة الأولية والثانوية.[12]

العناصر المشعة الملوثة للبيئة:

أ- مصادر طبيعية :

❖ الغلاف الجوي :

- سلسلة تفكك اليورانيوم .
- سلسلة تفكك الثوريوم .
- الرادون.
- الثورون.
- الكربون- 14.
- ارجون- 39.
- برليوم- 7.
- هيدروجين- 30.

❖ القشرة الارضية :

- سلسلة تفكك اليورانيوم .
- سلسلة تفكك الثوريوم .

- سلسلة تفكك الراديوم .
- بوتاسيوم - 40.
- كربون - 14.
- روبديوم- 87.

❖ الغاف المائي :

- غاز الرادون ومشتقاته.
- بوتسايوم- 40.
- الثوريوم- 222.
- يورانيوم- 238.
- راديوم - 226.
- جسم الانسان :
- بوتاسيوم 40.
- كربون- 14.
- راديوم 226.

ب- مصادر صناعية :

❖ التفجيرات النووية :

- سيزيوم - 137.
- سترانشيوم - 89.
- سترانشيوم- 90.
- نيوببلوم- 95.
- زركنونيوم- 95.
- كربون- 14.
- يود- 131.
- باريوم140.

- لثانيوم - 40.
- يثريوم- 90.

❖ المفاعلات النووية :

- كريبتون - 85.
- استرانشيوم 90.
- استرانشيوم - 98.
- سيزيوم 137.
- يود131.
- اليود129.
- الزنيون- 54.
- الكربون- 14.

❖ مصانع الوقود النووي:

- بلوتونيوم - 239.
- يود- 131.
- كريتون- 85.

❖ تطبيقات النظائر المشعة :

- سيزيوم- 137.
- كوبلت- 60.
- ايرديوم- 192.
- كربون- 14.
- فسفور- 32.
- استرانشيوم- 90.
- يود- 131.

المنافذ الرئيسة لتعرض الانسان وتلوثه بالمواد المشعة :

(2-6-1) التعرض الاشعاعي الخارجي:

يحدث نتيجة تعرض الانسان المباشر لمشتقات جاما وبيتا (نظراً لقصر مدى جسيمات الفا ، لانها لاتمثل خطورة من ناحية التعرض الاشعاعي الخارجي) وهنالك عدة عوامل تتحكم في مقدار الجرعة الاشعاعية التي يتعرض لها الفرد نذكر منها :

- مدة التعرض الاشعاعي والظروف الجوية المناخية .
- حجم الغبار الذري الذي يتعرض له الفرد.
- الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة المشعة .

(2-6-2) التعرض الاشعاعي الداخلي:

ويقصد به التلوث الاشعاعي داخل جسم الانسان ويحدث نتيجة تنفس او بلع المادة المشعة أو المواد الملوثة اشعاعياً كذلك عن طريق الجروح ومسام اليد وفيما يلي بعض العوامل التي تتحكم في مدى التلوث الاشعاعي الداخلي للانسان .

- نوع الغذاء الذي يتناوله الفرد .
- درجة ذوبان المادة المشعة .
- كمية المعادن المذابة وكمية المادة العالقة .
- الظروف الزراعية .
- الاس الهيدروجيني للتربة المستخدمة لزراعة النبات .
- نسبة الكالسيوم في التربة ودرجة عمق جذور النبات .
- درجة تحرك الاسماك والنباتتت والطحالب المائية .
- خصائص الترسبات في قاع المحيط او البحر او النهر .
- العادات الغذائية للشعوب .

بعض مصادر التعرض والتلوث الاشعاعى فى حياتنا اليومية:

فيما يلى عرض سريع لبعض مصادر التعرض والتلوث الاشعاعى فى حياتنا اليومية:

- الاشعة السينية المستخدمة فى التشخيص والعلاج الطبى (اشعة سينية)
- النظائر المشعة المستخدمة في التشخيص والعلاج الطبى (مشتقات اشعة الفا وبيتا وجاما)
- التلفزيون وشاشات الكمبيوتر (اشعة سينية)(جدول4)
- بعض الاجهزة الكترونية الكهربائية(كريتون- 85)برامسيوم - 147ةثوريو- 227)
- المجوهرات المشعة (يورانيوم- 238)
- مواد البناء (يورانيوم- 238، نظائرغاز الرادون)
- العدسات والسيراميك(يورانيوم- 238)
- صخورالفوسفات (يورانيوم- 238)
- كواشف الدخان(برامسيوم- 147)
- منتجات التلميع بواسطة الاشعاع (راديوم- 226)برامسيوم- 147)

الغازات والدخان المتصاعد من محطات القوى العادية التى تعمل بالفحم (راديوم- 227)، راديوم- 226)بوتاسيوم—40) يورانيوم- 238)، بولونيوم- 210)

- الغازات والدخان المتصاعد من محطات القوى النووية(كريبتون- 85)سترانشيوم- 90)سترانشيوم- 89، سزيوم- 137)، يود- 131، يود- 129، كريون- 14، زينون- 54، تريتيوم- 3).[13]

معدل الجرعة الاشعاعية الصادرة من اجهزة

التلفزيون الملونة اثناء تشغيلها

مساحة الشاشة	مكان ومعدل الجرعة الاشعاعية – ميكروسيفرت/ساعة	
	ملاصق لوسط الشاشة	ملاصق لجدار الجهاز
١٢	٠,١٢	٠,٠١
١٤	٠,١٤	٠,٠١
١٨	٠,١٨	٠,٠٢
٢٠	٠,٤٠	٠,٠٥
٢٥	٠,٧١	٠,٠٦

المواد المحتوية على تراكيز عالية من النظائر المشعة:

هناك مواد لا تعد عادة مشعة إلا أنها تحتوي على تراكيز عالية من المواد المشعة الطبيعية، مثل الزيركون (zircon) والبادالايت (baddeleyite) والزركونيا (zirconia) وخامات العناصر الأرضية النادرة والصخور الفوسفاتية وفضلات الجبس الناتجة عن معالجة الصخور الفوسفاتية.

وكثيرا ما تؤدي معالجة مثل هذه المواد إلى زيادة تركيز المواد المشعة الطبيعية، فمثلا يزداد تركيز المخلفات المشعة في الأفران المستخدمة في صهر خامات فوسفات الكالسيوم أثناء عملية إنتاج حامض الفوسفوريك المستخدم في صناعة الأسمدة. كما يزداد تركيزها في الأنابيب والصمامات الضخمة الموجودة في منصات التنقيب عن النفط ومنشآت تكرير النفط.

ويمكن أن تؤدي هذه المواد المشعة إلى تعرض إشعاعي خارجي عند ازدياد تراكمها على المنشآت الصناعية، وإلى تعرض إشعاعي داخلي أثناء العمليات المثيرة للغبار. ومن الأهمية بمكان هنا أن يتم اتباع سياسة مراقبة دائمة للنشاط الإشعاعي لمثل هذه المواد.

إن النظائر الأساس ضمن مجموعة هذه المواد هي نواتج تفكك اليورانيوم- 238 والثوريوم- 232، وفي مقدمتها نظائر الراديوم والرصاص- 210. يكون مستوى هذه النظائر المشعة في البيئة حولنا عادة حوالي 40 Bq/kg مع إمكانية ازدياد مستواها إلى بضعة مئات البكريل لكل كيلو غرام.

ومن البديهي أن يهمل تأثير هذه النظائر إذا كان تركيزها ضمن الحدود المتوقعة في الطبيعة المذكورة آنفا باعتبار أن التعرض لها هو جزء من التعرض للنشاط الإشعاعي للقشرة الأرضية المساهم في جرعة الخلفية الإشعاعية الطبيعية.

تقع الجرعات الفعالة من كل وحدة مأخوذة بالاستنشاق من خامات اليورانيوم والثوريوم ومن نفايات الراديوم ضمن المدى من 0.03 إلى 0.09 mSv لكل

Bq من النظائر الأم، وذلك حسب نوع النويدة المشعة وحسب حجم الجسيمات المكونة لها. وإذا افترضنا أن القيمة المتوسطة لما يحمله الهواء من غبار النظائر المشعة هي $5mg/m^3$ وأن عدد ساعات التعرض المهني للعامل في السنة هو 2000 ساعة، فإن النشاط الإشعاعي للغبار المشع سيكون حوالي 1000 إلى 10000 بكريل لكل كيلوغرام وسيؤدي هذا إلى جرعة فعالة قدرها من1 إلى 2 مللي سيفرت في السنة. كذلك فإن الخامات الصلبة المحملة بالنظائر المشعة ستسبب تعرضا مهنيا للعاملين بنفس المقدار تقريبا بسبب أشعة غاما الصادرة منها.

وينسجم هذا مع النتائج التجريبية الخاصة بتعرض العاملين في مناجم خامات الرواسب الفوسفاتية السطحية ومطاحنها، المحتوية على حوالي 1,500 بكريل لكل كيلوغرام من اليورانيوم، لأشعة غاما وللغبار المشع.

استنادا إلى ما تقدم، فقد أوصت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP بأن تقوم المنظمات المشرعة (Regulatory Agencies) باختيار قيمة تركيز النشاط الإشعاعي للنويدات الأم ضمن المدى من 1000 إلى 10,000 بكريل لكل كيلوغرام، وذلك لأغراض تقدير ما إذا كان التعرض إلى هذه النظائر يجب أن يعد تعرضا مهنيا أم لا.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن مثل هذا المدى للنشاط الإشعاعي يتطابق مع المدى المشتق رياضيا في حسابات مستويات الاستثناء (exemption levels)، التي لا يطلب من الجهات المسؤولة عن العاملين تقديم تقارير حول الإشعاع ما دامت مستوياته لم تتجاوز هذه المستويات.

ويبدأ الحساب عادة باختيار قيمة (أو قيم) لنشاط نويدة معينة، بحيث يلزم إجراء تقييم للتعرض المهني ولظروف العمل إذا تم تجاوز حد هذه القيمة (أو القيم) بقصد تحديد ما إذا كان يلزم اتخاذ إجراءات لتحديد تعرض العاملين للإشعاع.[14]

الفصل الثالث

تلوث الهواء
بالمواد المشعة

تلوث الهواء بالمواد المشعة

مقدمة:

يتلوث الهواء بالإشعاعات بسبب صدورها عن نظائر مشعة . والنظائر المشعة هى عناصر ذات ذرات تحتوى نواتها على نفس العدد الواحد من البروتونات ولكنها تختلف بعدد النيترونات. ذرات العناصر المشعة غير مستقرة حيث انها تحتوى على كمية فائقة من الطاقة.

وهى تتجه نحو الاستقرار بفقدان فائض الطاقة على هئية اشعاعات خاصة تصدر من تفكك نواة النظير تلقائياً الى نواة تحمل طاقة اقل.

يرجع تلوث الهواء الاشعاعى الى احتوائة على بعض الغازات او جزئيات المواد المشعة العالقة والتى كثيراً ما تعلق بذرات الغبار او قطرات الماء المنتشرة به وهنالك بعض العوامل المؤثرة على نسبة التلوث الاشعاعى للهواء ، منها وجود طبقة جليدية على الارض ، تفاوات نسبة الاتربة و الدخان فى الهواء، وظروف المكان والزمان واتجاه الريح وسرعتة استقرار الاحوال الجوية .

ويعتبر غاز الرادون من اهم مصادر الاشعاع الطبيعى فى الهواء وهو احد النويات المشعة الناتجة من تفكك سلسلة (اليورانيوم 238) و (الثوريوم 232) وتعتبر النويدات الناتجة من تفكك الرادون المسؤل الاول عن جرعة الاشعاعية البالغ قدرها 0.75 من الجرعة الفعالة التى يتعرض لها الانسان من مصادر الاشعاع الارضى 0.5 من المصادر المشعة الطبيعية المتجمعة .

وتتفاوت درجة تركيز غاز الرادون فى الهواء الطلق تفاوتاً كبيراً من مكان الى اخر ، كذلك داخل المنازل والاماكن المغلقة تبعاً لنوعية المواد المستخدمة فى تشيد المبانى وعلى سبيل المثال ، فان الخشب و الطوب والخرسانة تنبعث منها كميات قليلة نسبياً من الرادون بينما الجرنيت الجبص الفسفورى

والطوب الاحمر الطفلى الناتج من صناعة الالمونيوم والخشب الناتج من الافران اللافحة من صناعة الحديد كلها تعتبر ذات نشاط اشعاعي كبير نسبياً.

ويعتبر الماء والغاز الطبيعى ايضاً مصدراً اخر من مصادر الرادون الا ان درجة تركيزة فى هذه الحالة تعتبر قليلة جداً ولاتمثل خطورة كبيرة وخاصة وان معظم استخدامات الماء للانسان يتطلب تسخينة او غلية لاعداد الطعام او المشروبات الساخنة مما يؤدى الي التخلص من جزء كبير جداً من الرادون الموجود فى الماء نتيجة الحرارة .وهذا يعنى انحصر دخول غاز الرادون الموجود فى الماء الى جسم الانسان فقط نتيجة تناولة الماء البارد او الاستحمام بها ، وهذا الجزء يتخلص الجسم منه فى اسرع وقت.

ويتاثر تركيز غاز الرادون فى الجوى تبعا للزمان ، فهو يقل فى الساعات الاولى من الصباح و خلال شهر مارس ويزداد خلال شهر اكتوبر من كل عام.[2]

مصادر تلوث الهواء بالإشعاعات:

اولاً : يتلوث الهواء بالجسيمات المشعة من محطات المفاعلات النووية وإثناء الانفجارات الذرية ومن مناجم المعادن الثقيلة و اثناء عمليات التكرير والتعدين.

ثانياً : تستخدم النظائر المشعة واشعة اكس فى مجالات واسعة وحيوية في الحياة تشمل مجالات الطب والصناعة و الزراعة و التصوير الفو توغرافي وتزداد استخدامات المواد المشعة الطب النووى وعلاج الانسجة السرطانية فالكوبالت المشع مثلا يستخدم (النظائر المشعة) لعلاج الاورام السرطانية ونظائر الثاليوم فى فحص عضلة القلب.

كما تستخدم النظائر المشعة فى البحوث الطبية والبيولوجية كاستخدام الرنين المغنطيسى النووى فى التعرف على البروتينات الموجودة فى المركبات العضوية ويستخدم الكربون14 . فى صناعة حبر الشيكات والصكوك المعدنية.

ثالثاً : تنطلق الاشعاعات والنظائر المشعة فى القشرة الارض مثل نظائر اليورانيوم (Uranium) والثوريوم (Thorium) التى تكثر فى الصخور الجراتنية . فى الساحل الجنوبى للهند تبلغ الاشعاعات الذرية سنوياً حوالى 397 ميلي راد .حيث لوحظ فى هذه المنطقة انجاب اطفال مشوهين اكثر من المناطق الاخرى بالهند.

رابعاً :تصل الى الكرة الارضية انواع مختلفة من الاشعاعات غير المؤينة والاشعة الكونية .[4]

غاز الرادون :

يعد غاز الرادون المساعد الاكبر فى تعرض الانسان لمصادر الاشعاع الطبيعة، فى عام 1889 اكتشف العالمان (E.RUTHERFORT,R.OWENS) غاز الرادون، حيث ان الرادون غاز احادى الذره ، وعديم الرائحة وللون وهو خامل كيميائياً وله عدة نظائر .

(3-4-1) نظائر غاز الرادون:

الا كتينون(Rn^{219} $Actinon$) ينتمى الى سلسلة الاكتنيوم (U^{235}) الذى تمثل نسبة وجودة فى الطبيعة 1٪ فضلا عن فترة عمر النصف للاكتينون ($t_{vs} = 4sec$). مما يفسر علمياً عدم امكانية قياس تركيز هذا النظير فى الجو .

الثورون (Rn^{220} $Thoron$) ويعود الى سلسلة الثوريوم وهو الاكثر نسبة فى الطبيعة بين النظائر الثلاثة التى تتحرر من الارض ، ولكنة يختفي بسرعة لان عمر النصف لهذا النظير هو ($t_{vs} = 55sec$) .ان هذا النظير يسهم فى زيادة الجرعة الاشعاعية من خلال بعض حالات التعرض الداخلى.

الرادون (Rn^{222}) ينتمى الى سلسلة اليوارنيوم (U^{238}) فترة عمر النصف له تعد الاطول بين النظائر الثلاثة 3082 يوم وفترة عمر النصف الطويلة نسبياً هذة تمنحة توزيعا كبيرا فى الجو، حيث يعود تاثير الاشعاعي الحاسم للاشعاعات

الصادرة عن عنصرين المنحدرين عنة يصدران جسيمات الفا(∝) ذات عمر نصف قصير الاجل والعنصران هما كل من (البولونيوم 218) (Po^{218}) $t_{vs} =$ 3.05 $mint$ والبولونيوم 214 (Po^{214}) $t_{vs} = 0.16\,mint$

يتبين ان الرادون يشكل العنصر الاكثر اهمية بين كل المصادر الطبيعية والصناعية للإشعاع . وان اثر الرادون فى الجرعة الاشعاعية التى يستلمها الانسان من المصادر الطبيعية و الصناعية و العلاجية و يتغير تغيراً كبيراً من منزل الى اخر.

ان التقديرات التى اقرتها اللجنة العالمية للأمم المتحدة بدراسة تأثيرات الاشعاعات المؤينة تشير الى مستويات متوسطة للتعرض للرادون اعلى من التقديرات المبنية وتبلغ 1.2 msv/yer.[4]

مخاطر تلوث الهواء بالمواد المشعة :

من الكوارث الحديثة لتلوث الهواء بالإشعاعات هى كارثة مفاعل تشيرنوبيل المستخدم فى توليد الطاقة الكهربية فى جمهورية اوكرانيا السوفياتية حين شب حريق فى السادس والعشرين من شهر ابريل لعام 1986، وانطلقت من هذا المفاعل على اثره سحب ملوثة بحبيبات النظائر المشعة هى اليود 131 والسترونيوم السيزيوم 137 ونظائر مشعة اخرى.

وقد اجتاحت هذه السحب الدول المجاورة فوصلت الى السويد وفنلندا و الدنمارك وسويسرا و بولندا و النمسا وايطاليا والمانيا الشرقية والمانيا الاتحادية وتركيا واليونان ورومانيا وتشيكو سلوفاكيا وبلغاريا.

وسجلت انذاك اجهزة المراقبة في كل من السويد وفلندا مستويات للاشعاعات تساوى عشرة اضعاف المستويات العادية ووصلت الى خمسة اضعاف فى الدنمارك وارتفعت الى 50٪ فى النرويج ووصلت نسبة الاشعاعات فى اقليم

كارينثي جنوب النمسا ثلاثة درجات بمقياس النشاط الاشعاعي فى الغلاف الجوى المقسم الى خمسة درجات حيث يبدا خطر الاشعاع على صحة الانسان من الدرجة الخامسة.

وقد اعترف الاتحاد السوفيتي بمصرع 31 شخصا اصابة 304 شخصا اخرين فى هذا الحادث وكانت الوفاة بسبب الحروق الناتجة من الاشعاع بسبب تلف انسجة الدماغ .

ويعتقد خبراء التلوث ان القاطنين فى منطقة الحادث سيعانون من خطر الاشعاعات خلال الثلاثين عاما القادمة وستظهر الاثار مبكرة على المقيمين قرب منطقة المفاعل النووي بسبب تاثير الاشعاعات على خلايا الدماغ و الكلية والكبد والتاثير على كل الجهازين التناسلي والمناعي.

كما يعتقد خبراء حماية البيئة فى بريطانيا والمانيا الغربية ان الناس سيعانون من زيادة فى الاصابة بالسرطان قد تصل الى حوالي عشرة الف حالة لمدة عشرين عاما فى نطاق 260 ميلا من منطقة الحادث.

ووضعت السلطات السوفتية حوالى مائة الف شخص من سكان المنطقة المنكوبة تحت المراقبة خلال السنوات القادمة نظرا لاحتمال اصابتهم بالسرطان بسبب تعرضهم للإشعاع. تلوث المياة و الاطعمة والنباتات و التربة فى هذة المنطقة بالإشعاعات وهنالك تخويف في ان يكون نهر الدنير اهم مجرى مائى فى ولاية اوكرانيا قد تلوث بالإشعاع.

ان القمح والسكر البنجرى الذى تشتهر به هذه المنطقة سيبقى عرضة للتلوث بالإشعاعات بسبب الغبار و التربة الملوثين.

ووجد ان السيزيوم 137 يبلغ فى تربة المنطقة 4.000 بكلير لكل متر مربع وهذة الكمية تفوق ثمانية اضعاف ما نتج من جميع الاختبارات للقنابل الذرية النووية على خط 50.40 درجة.

وتعرضت الدوال المجاورة لأضرار مادية كبيرة ، فقد دفعت الحكومة المانية الاتحادية مثلا تعويضات قيمتها 260 مليون مارك المانى (123 مليون دولار) للمزارعين الذين اضطروا الى اتلاف مزارعهم على اثر هذا الحادث منها 132 مليون مارك لمنتجي الالبان.

وبعد مرور اربعة ايام من الحادث ارتفع مستوى الاشعاع من 8 مايكرو رونتجن بالساعة الى 110 مايكرو رونتجن بالساعة وثم حصر 17 مادة مشعة بالتربة من جراء تساقط الغبار المشع.

ان للتلوث بالإشعاعات اثار ا بالغة على صحة الانسان تتروح من تأثيرات مسرطنة ومسببه للتشوة والطفرات وتلف فى انسجة الدماغ و الكلى.

عندما تصل الاشعاعات النووية الى جسم الكائن فإنها تحدث تأينا فى بعض جزئيات الخلايا حيث ينتقل جزء من الطاقة الاشعاع الى ذرا ت خلايا الكائن الحى المعرض للإشعاع مسببا احداث تغيرات فى تركييب ووظيفة الخلية وحتى اتلافها .

فقد تضاعفت حالات السرطان بين القبائل التى تسكن في صحراء جنوب استراليا مابين 1953 تاريخ الانفجار الذري هنالك وحتى عام 1980 عنها بين القبائل الاخري البعيدة عن الانفجار . كما تسبب الاشعاعات النووية تشوهات جنينية بسبب تاثيرها على خلايا التناسل واعضاء التكاثر تظهر فى الاجيال المتعاقبة.

تتصف بعض النظائر المشعة بان لها خاصية التراكم الحيوى حيث تتراكم فى انسجة العظام و الدماغ وتدخل ايضا فى السلسلة الغذائية وانسجة النباتات والحيوانات حيث تصل الى الانسان عن طريق الغذاء .

MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATIONS OF RADIONUCLIDES IN AIR FOR AN OCCUPATIONAL EXPOSURE OF 168 HOURS PER WEEK *

Radionuclide and type of decay		Critical organ **	Maximum permissible concentration in air (μc/ml)
$_{1}H^{3}$ (HTO or H_2^3O) β-	(sol.)	Body tissue Total body	2×10^{-6} 3×10^{-6}
(H_2^3)	(submersion)	Skin	4×10^{-4}
$_{4}Be^{7}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI) Total body	4×10^{-6} 2×10^{-6}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	4×10^{-7} 3×10^{-6}
$_{6}C^{14}(CO_2)$ β-	(sol.)	Fat	10^{-6}
	(submersion)	Total body	10^{-5}
$_{9}F^{18}$ β+	(sol.)	GI (SI)	2×10^{-6}
	(insol.)	GI (ULI)	9×10^{-7}
$_{11}Na^{22}$ β+, γ	(sol.)	Total body	6×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-9} 5×10^{-8}
$_{11}Na^{24}$ β-, γ	(sol.)	GI (SI)	4×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	5×10^{-8}
$_{14}Si^{31}$ β-, γ	(sol.)	GI (S)	2×10^{-6}
	(insol.)	GI (ULI)	3×10^{-7}
$_{15}P^{32}$ β-	(sol.)	Bone	2×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-8} 4×10^{-8}
$_{16}S^{35}$ β-	(sol.)	Testis	9×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	9×10^{-8} 5×10^{-7}
$_{17}Cl^{36}$ β-	(sol.)	Total body	10^{-7}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	8×10^{-9} 10^{-7}

Radionuclide and type of decay		Critical organ	Maximum permissible concentration in air (μc/ml)
$_{17}Cl^{38}$ β^-, γ	(sol.)	GI (S)	9×10^{-7}
	(insol.)	GI (S)	7×10^{-7}
$_{18}A^{37}$ ε	(submersion)	Skin	10^{-3}
$_{18}A^{41}$ β^-, γ	(submersion)	Total body	4×10^{-7}
$_{19}K^{42}$ β^-, γ	(sol.)	GI (S)	7×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	4×10^{-8}
$_{20}Ca^{45}$ β^-	(sol.)	Bone	10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	4×10^{-8} 3×10^{-7}
$_{20}Ca^{47}$ β^-, γ	(sol.)	Bone	6×10^{-8}
	(insol.)	GI (LLI) Lung	6×10^{-8} 6×10^{-8}
$_{21}Sc^{46}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI) Liver	8×10^{-8} 8×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	8×10^{-9} 7×10^{-8}
$_{21}Sc^{47}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
$_{21}Sc^{48}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI)	6×10^{-8}
	(insol.)	GI (LLI)	5×10^{-8}
$_{23}V^{48}$ $\beta^+, \varepsilon, \gamma$	(sol.)	GI (LLI)	6×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	2×10^{-8} 5×10^{-8}
$_{24}Cr^{51}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI) Total body	4×10^{-6} 4×10^{-6}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	8×10^{-7} 3×10^{-6}
$_{25}Mn^{52}$ $\beta^+, \varepsilon, \gamma$	(sol.)	GI (LLI)	7×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	5×10^{-8} 5×10^{-8}
$_{25}Mn^{54}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI) Liver	3×10^{-7} 10^{-7}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	10^{-8} 2×10^{-7}
$_{25}Mn^{56}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI)	3×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
$_{26}Fe^{55}$ ε	(sol.)	Spleen	3×10^{-7}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-7} 4×10^{-8}

Radionuclide and type of decay		Critical organ	Maximum permissible concentration in air (μc/ml)	Radionuclide and type of decay		Critical organ	Maximum permissible concentration in air (μc/ml)
${}_{43}Tc^{96}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}	${}_{44}Ru^{105}$ β^-, γ, e^-	(sol.)	GI (ULI)	2×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	8×10^{-8}		(insol.)	GI (ULI)	2×10^{-7}
${}_{43}Tc^{97m}$ ε, γ, e^-	(sol.)	GI (LLI)	8×10^{-7}	${}_{44}Ru^{106}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI)	3×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	5×10^{-8} 3×10^{-7}		(insol.)	Lung GI (LLI)	2×10^{-9} 2×10^{-8}
${}_{43}Tc^{97}$ ε	(sol.)	GI (LLI) Kidney	4×10^{-6} 4×10^{-6}	${}_{45}Rh^{103m}$ γ, e^-	(sol.)	GI (S)	3×10^{-5}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	10^{-7} 10^{-6}		(insol.)	GI (S)	2×10^{-5}
${}_{43}Tc^{99m}$ β^-, γ	(sol.)	GI (ULI)	10^{-5}	${}_{45}Rh^{105}$ β^-, γ	(sol.)	GI (LLI)	3×10^{-7}
	(insol.)	GI (ULI)	5×10^{-6}		(insol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
${}_{43}Tc^{99}$ β^-	(sol.)	GI (LLI)	7×10^{-7}	${}_{46}Pd^{103}$ ε, γ, e^-	(sol.)	GI (LLI) Kidney	8×10^{-7} 5×10^{-7}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	2×10^{-8} 3×10^{-7}		(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-7} 5×10^{-7}
${}_{44}Ru^{97}$ ε, γ, e^-	(sol.)	GI (LLI)	8×10^{-7}	${}_{46}Pd^{109}$ β^-, γ, e^-	(sol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI) Lung	6×10^{-7} 7×10^{-7}		(insol.)	GI (LLI)	10^{-7}
${}_{44}Ru^{103}$ β^-, γ, e^-	(sol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}	${}_{47}Ag^{105}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI)	2×10^{-7}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-8} 10^{-7}		(insol.)	Lung GI (LLI)	3×10^{-8} 2×10^{-7}

Radionuclide and type of decay		Critical organ	Maximum permissible concentration in air (μc/ml)
$_{82}Pb^{203}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI)	9×10^{-7}
	(insol.)	GI (LLI)	6×10^{-7}
$_{82}Pb^{210}$ α, β⁻, γ	(sol.)	Kidney Total body	4×10^{-11} 4×10^{-10}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	8×10^{-11} 3×10^{-7}
$_{82}Pb^{212}$ α, β⁻, γ, e⁻	(sol.)	Kidney GI (LLI)	6×10^{-9} 4×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	7×10^{-9} 3×10^{-8}
$_{83}Bi^{206}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI) Kidney	8×10^{-8} 6×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	5×10^{-8} 7×10^{-8}
$_{83}Bi^{207}$ ε, γ	(sol.)	GI (LLI) Kidney	10^{-7} 6×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	5×10^{-9} 10^{-7}
$_{83}Bi^{210}$ α, β⁻	(sol.)	GI (LLI) Kidney	9×10^{-8} 2×10^{-9}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	2×10^{-9} 7×10^{-8}
$_{83}Bi^{212}$ α, β⁻, γ	(sol.)	GI (S) Kidney	8×10^{-7} 3×10^{-8}
	(insol.)	Lung GI (S)	7×10^{-8} 6×10^{-7}
$_{84}Po^{210}$ α	(sol.)	Spleen Kidney	2×10^{-10} 2×10^{-10}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	7×10^{-11} 5×10^{-8}
$_{85}At^{211}$ α, ε, γ	(sol.)	Thyroid Ovary	2×10^{-9} 3×10^{-9}
	(insol.)	Lung GI (ULI)	10^{-8} 10^{-7}
$_{86}Rn^{220}$ α, β⁻, γ, e⁻	*	Lung	10^{-7} *
$_{86}Rn^{222}$ α, β⁻, γ	*	Lung	10^{-8} *
$_{88}Ra^{223}$ α, β⁻, γ	(sol.)	Bone	6×10^{-10}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	8×10^{-11} 7×10^{-9}
$_{88}Ra^{224}$ α, β⁻, γ, e⁻	(sol.)	Bone	2×10^{-9}
	(insol.)	Lung GI (LLI)	2×10^{-10} 9×10^{-9}

الفصل الرابع

من مصادر العناصر المشعة في الهواء الجوي

من مصادر العناصر المشعة
في الهواء الجوي

السجائر والجراك والمعسل :

ان نباتات التبغ تتم زراعتها وتسميدها بالاسمدة الفوسفاتية التى عادة ما تكون محتوية على نسبة من النظائر المشعة الطبيعية وأهمها (الراديوم 226) الذى يتحلل بسرعة الى نظائر أخرى مشعة مثل (البولونيوم 210 والرصاص 210) حيث يتم امتصاص البولونيوم والرصاص من التربة الى أوراق النبات عبر التمثيل الغذائى لنبات التبغ. وأن للاسمدة الفوسفاتية دورا كبيرا في رفع جودة أوراق التبغ واضافة النكهة اللازمة له وذلك بعد حصاد أوراق التبغ حيث تمر بمراحل معالجة مختلفة منها التجفيف والتعتيق ثم التصنيع وتأخذ مرحلة زمنية تقدر من سنة ونصف الى ثلاث سنوات أو أكثر من بعد قطاف الاوراق لحين وصولها الى المستهلك.

خلال هذه الفترة يتم تحلل معظم نظير البولونيوم 210 الا أنه يتم انتاجه مرة أخرى داخل السجائر من خلال التحلل الاشعاعى لنظير (الرصاص 210) ونظير (البولونيوم 210) له عمر نصف 4 ر 138 يوم أى الزمن اللازم لتحلل نصف كمية النظير اشعاعيا وتحوله الى نظير آخر من عنصر آخر.

أثناء تحلل (البولونيوم 210) ينتج جسيمات الفا ذات الطاقة العالية (3 ,5 مليون الكترون فولت) فى حين أن عمر النصف (للرصاص 210) يصل الى 26 - 22 سنة ويتحلل الى (البولونيوم 210) وجسيمات (بيتا) وإشعاعات (جاما) بحيث يتطاير (البولونيوم 210) عند درجة حرارة 962 درجة مئوية فى حين الرصاص يتطاير عند درجة (1749 درجة مئوية) وتصل درجة حرارة جمرة السجائر الى 750 درجة مئوية وهى درجة حرارة كافية لتطاير جزء كبير من (البولونيوم) الا أن الرصاص لا يتطاير ويبقى فى رماد السيجارة.

أن التعرض خارجيا لجسيمات الفا ليس له مخاطر صحية مقارنة بالتعرض الداخلى أى عند تعرض أنسجة الجسم الداخلية لها فالبولونيوم الذى ينتقل مع دخان السيجارة الى الرئة يعرض أغشية الجهاز التنفسى الى جرعة اشعاعية عالية و الانسان يتعرض (للبولونيوم 210) بشكل طبيعى من خلال تحلل غاز الرادون الطبيعى الموجود فى الهواء فيما يختلف مستوى التعرض حسب اختلاف مستوى تركيز الرادون فى الهواء الذى يعتمد على الظروف الجيولوجية والمواد المستخدمة فى البناء.

وبين أن التعرض للاشعاع من المسببات الرئيسية للاصابة بالسرطان وتحتوي السجائر والجراك والمعسل على كمية من مادة (البولونيوم 210) المشعة مما يعني زيادة نسبة الاصابة بالسرطان اضافة للمسببات الاخرى للمكونات الكيميائية مثل النيكوتين أو البنزوبيرين

عوادم العربات وفوهات المصانع :

1. الرصاص و هو من أهم مصادر تلوث التربة برصاص المصانع التي تنتج البطاريات كما يحدث من عوادم السيارات في الطرق السريعة حيث تلوث التربة ويؤدي الى تلوث المحاصيل الزراعية.

2. الزئبق يعتبر من المعادن التي قد تختلط مركباته بالتربة والماء بسبب التخلص من النفايات ومخلفات المصانع ويتسبب الزئبق بإصابة الإنسان باضطرابات في الجهاز العصبي المركزي.
3. الكادميوم يستعمل في عدة صناعات مثل صناعات البلاستك والبطاريات ويعتبر الكاديميوم من المعادن التي تلوث التربة والماء المحاصيل الزراعية التي تستعمل على نطاق واسع مثل الأرز والقمح وقد دلت الدراسات إن تلوث التربة بالكادميوم يؤدي إلى إصابة الإنسان بأمراض الكلية والرئة والقلب والعظام.

التنقيب عن الذهب :

كان جي أغريكولا (G. Agricola) أول من كتب عن حالات الوفاة الغريبة التي يتعرض لها عمال المناجم في بعض المجتمعات الأوروبية. فقد جاء في كتابه عن المعادن المنشور عام 1556م (De Re Metallica) "أن هؤلاء العمال كانوا يهلكون بسبب الهواء الذي يستنشقوه، والذي يؤدي إلى تعفن رئاتهم في كثير من الأحيان". وبين عامي 1877 و 1899 كان سرطان الرئة سبب الوفاة لـ 75٪ من عمال المناجم في منطقة شنيبرغ (Schneeberg) بألمانيا. وأثبت تشريح الجثث للموتى من عمال المناجم في منطقة يوشيمستال (Joachimstal) في تشيكوسلوفاكيا (السابقة) بين عامي 1929 و1938 أن 50٪ من حالات الوفاة تلك كانت بسبب سرطان الرئة. وفي ظل هذه المعطيات، فقد نشرت بعض البحوث التي عزت سرطانات الرئة هذه إلى تراكيز الرادون المرتفعة في المناجم. وقد أشار لورنز (Lorenz) عام 1944 في مقالة له عن دور الرادون في إصابة عمال المناجم بالسرطان إلى أن تراكيز الرادون المقاسة في مناجم شنيبرغ و يوشيمستال كانت أقل من $1.3x10^5$ Bq/m^3 ($3.6x10^3$ pCi/litre) بشكل عام، إلا أن مستويات قد سجلت تصل أحيانا إلى$2x10^6$Bq/m^3 ($5.4x10^4$ pCi/litre).

وفقا لما كتبه بيهونك (Behounek) فإن اليورانيوم كان يستخرج من مناجم يوشيمستال منذ عام 1853 للاستفادة من أملاحه في تلوين الخزف (ceramic) والقرميد (tile). وكان الراديوم 226 الناتج من معالجة أملاح اليورانيوم يمرر مع الفضلات على شكل مركب كبريتيد الراديوم الصلب. وقد استخدمت تلك الفضلات من قبل بيير (Pierre) وماري كوري (Marie Curie) عام 1898 لتحضير أملاح الراديوم المركزة لأول مرة.

لقد أجريت قياسات مستويات تركيز غاز الرادون خلال المدة 1929-1938 في هواء البهو داخل مناجم يوشيمستال وفي مياهها، ووجد أن قيم هذه التراكيز هي ضمن الحدود الدنيا والعليا المبينة في الجدول (6) أدناه. كما قيست

تراكيز الرادون قرب فتحة ثقب في عرق بيتشبلند (pitchblende) المحتوي على اليورانيوم داخل صخور المناجم، وعلى بعد 50 سنتيمترا من فتحة الثقب، وكذلك تراكيز الراديوم في مياه المناجم (أنظر الجدول (1-4)).

الجدول (1-4): تراكيز الرادون والراديوم في المواقع المختلفة داخل مناجم يوشيمستال.

الموقع داخل المنجم	تركيزالرادون kBq/m^3	تركيز الراديوم- 226 kBq/m^3
هواء البهو	11.8 - 331	----
مياه المناجم	1.7 - 158	270 - 2000
قرب فتحة ثقب في عرق بيتشبلند في صخر المنجم	2700	---
على بعد 50 cm من فتحة ثقب في عرق بيتشيلند في صخر المنجم	21	---

وبعد اتباع نظام تهوية في المناجم عام 1930، انخفض متوسط تركيز الرادون في هواء البهو إلى ($13.0\ kBq/m^3$) 350pCi/litre .

لقد تبين من دراسة حالات الإصابة بسرطان الرئة التي تعرض لها عمال مناجم يوشيمستال أن متوسط الزمن المستغرق قبل الإصابة بسرطان الرئة كان 17 سنة، بينما كان أقل زمن قبل حدوث الإصابة 13 سنة. وقد جاء في مذكرة قدمها بيل (W. F. Bale) إلى إدارة البيولوجيا والطب في هيئة الطاقة الذرية الأمريكية عام 1951 أن 99٪ من الجرعة الإشعاعية لأنسجة الرئتين تنتج عن استنشاق الهواء المثقل بالرادون وأن سبب هذه الجرعة هو بنات الرادون (radon daughters) ذوات أعمار النصف القصيرة والمتواجدات مع الرادون في الهواء. وهذه النظائر هي:

^{214}Po و ^{214}Pb و ^{214}Bi و ^{218}Po.

مفهوم مستوى العمل

(The Working Level Concept)

كان من الضروري استحداث وحدة خاصة بالتعرض لبنات الرادون وتعرف باسم مستوى العمل (Working Level) ويرمز لها اختصارا بالحرفين WL. ويعرف مستوى العمل بأنه:

"أية مجموعة من بنات الرادون- 222 ذوات أعمار النصف القصيرة والتي تحدث في لتر واحد من الهواء انبعاث جسيمات ألفا بطاقة كلية قدرها $1.3 x10^5$ MeV".

اشتقت هذه القيمة لمستوى العمل من طاقة جسيمات ألفا الناتجة من التفكك الكلي لـ (100pCi/litre) $3.7\ kBq/m^3$ من بنات الرادون: ^{214}Po و ^{214}Pb و ^{214}Bi عندما تكون في حالة اتزان. يلاحظ من هذا التعريف أن مستوى العمل عبارة عن وحدة لتركيز طاقة جسيمات ألفا في الهواء، ولتحويل هذه الوحدة إلى وحدة تعرض إشعاعي فقد تم استحداث وحدة أخرى هي "مستوى عمل- شهر (Working Level Month)" والتي يرمز لها اختصارا بالرمز WLM. لقد حدد شهر العمل بـ 170 ساعة، وبالتالي فإن مستوى عمل- شهر واحد (1 WLM) ينتج عن التعرض لـ 1 WL لمدة 170 ساعة أو2 WL لمدة 85 ساعة، الخ. ويبين الجدول (7) كيفية اشتقاق قيمة "مستوى العمل"

الجدول (2-4): تعريف وحدة مستوى العمل (Working Level- WL).

النظير	طاقة أشعة ألفا (MeV)	عمر النصف	عدد الذرات لكل 37kBq	طاقة أشعة ألفا لكل ذرة (MeV)	طاقة أشعة ألفا (MeV) لكل 37kBq	الجزء من الطاقة الكلية
الرادون - 222	5.49	3.82 d	$1.77x10^{6}$	مستثناة	- - -	- - -
البولونيوم 218	6.00	3.82 min	977	6.00+7.68	$0.134x10^{5}$	0.10
الرصاص 214	0	26.8 min	8580	7.68	$0.659x10^{5}$	0.52
البزموث 214	0	19.7 min	6310	7.68	$0.485x10^{5}$	0.38
البولونيوم 214	7.68	$3x10^{-6}$	0.0008	7.68		0.00
الإجمالي					$1.278x10^{5}$	1.00

حدد المجلس الفدرالي الأمريكي للإشعاع (US Federal Radiation Council) المعروف اختصارا بـ FRC مستوى التعرض السنوي الأقصى المسموح به لعمال المناجم من غاز الرادون في هواء المناجم عام 1967 بمقدار 12 WLM. لقد استند هذا التحديد على بيانات وبائية (epidemiological data) تعود إلى دراسة خاصة بحالات الإصابة بسرطان الرئة لدى عمال مناجم اليورانيوم في منطقة سهول كولورادو (Colorado Plateau)، وليس على جرعات تعرض إشعاعي مقدرة أو محسوبة كما هي العادة مع توصيات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP Recommendation)، وذلك لأن هامش الخطأ في الجرعات المقدرة كان عال جدا. وفي عام 1969 خفض الـ FRC مستوى التعرض السنوي الأقصى إلى 4 WLM. وعندما أخذت هيئة الوقاية البيئية الأمريكية (US Environmental Protecion Agency (EPA)) مسؤوليات FRC ثبتت حد التعرض السنوي الأقصى عند الـ4 WLM.

الخبرات الحديثة حول حالات التعرض المهني لعمال المناجم

إن أكثر البيانات شمولا حول التعرض المهني لبنات الرادون هي البيانات الواردة في الدراسات الخاصة بعمال المناجم في الولايات المتحدة الأمريكية وفي تشيكوسلوفاكيا السابقة. ويبين الجدول (8) مستويات الرادون المقاسة في مناجم اليورانيوم الأمريكية عام 1969.

صناعة الاسمنت ومواد البناء :

الرادون هو غاز معدني مشع عديم اللون والطعم والرائحة، وهو يعد أحد مصادر الإشعاع الذري الطبيعي، ويتولد في سلسلة تحلل اليورانيوم 238. وهو المعدن الوحيد الذي يوجد بحالة غازية ويوجد الرادون بتركيزات متباينة في مختلف الأماكن. [جدول (3-4)]. وقد تبين للعلماء حديثاً أن التعرض الطويل للتركيزات المرتفعة من غاز الرادون يمكن أن يؤدي إلى الإصابة بسرطان الرئة. والمصدر الرئيس لغاز الرادون في الجو هو تربة الأرض وصخورها القريبة من السطح. أما المصدر الثاني من ناحية الأهمية فهو الرادون المذاب في المياه الجوفية. والمصدر الثالث هو مواد بناء المساكن والمباني مثل الإسمنت والبحص والصخور والجرانيت، التي تطلق غاز الرادون نتيجة التحلل الإشعاعي للراديوم (وليد اليورانيوم) الذي تحتويه.

(4-3)جدول

تركيزات الرادون المعتاد في بعض المواقع

الموقع	التركيز بيكريل/م3
الهواء فوق المحيطات	0.04
الهواء قرب سطح الأرض	4
المساكن المعتادة بالمنطقة الشرقية	20
غاز التربة	20.000

ومن الحقائق المعلومة لدى المختصين أن معظم أنواع التربة والصخور مشعة طبيعياً بدرجات متفاوتة لاحتوائها على تركيزات متباينة من النظائر الطبيعية المشعة، ومن أهمها اليورانيوم 238 وسلسلة تحلله التي تشمل غاز الرادون 222 المشع. وحيث أنه لا توجد وسيلة لوقف تحلل النظائر المشعة فإنه لا يمكن وقف تولد غاز الرادون الذي يكون بقدر توفر اليورانيوم أو الراديوم في المواد. ونظراً لأن مواد البناء تصنع من تربة الأرض وصخورها فهي أيضاً تحتوي على نسب متفاوتة من اليورانيوم. فخام الجرانيت مثلاً يحتوي عادة على اليورانيوم وهو ينقسم إلى صنفين تبعاً لاحتوائه على اليوارنيوم:

1. الجرانيت الطبيعي : ويحتوي على نسب تتراوح ما بين 2 إلى 7 أجزاء في المليون من اليورانيوم.
2. الجرانيت الغني باليورانيوم: ويحتوي على نسب تتراوح بين 8 إلى 41 جزءاً في المليون من اليورانيوم.

ويوضح جدول (4-4) تركيز اليورانيوم ممثلاً بالراديوم، والثوريوم والبوتاسيوم 40 المشعة في بعض صخور وخامات اليورانيوم.

ومع ارتفاع مستوى المعيشة في المملكة العربية السعودية أصبح استخدام الجرانيت في أرضيات المساكن، خاصة المجالس أمراً معتاداً لدى قطاع عريض من المجتمع، وبهذا أصبحت المملكة سوقاً رائجاً للجرانيت الوطني والمستورد من العديد من دول العالم. ويعد الجرانيت مصدراً لأشعة جاما التي هي من صنف الأشعة السينية التي يتعرض لها الجسم من الخارج من سلسلة تحلل اليورانيوم فضلاً عن إطلاقه لغاز الرادون المشع الذي يستنشقه الإنسان في الهواء.

جدول (4- 4) تركيز الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم 40 المشعة في بعض الصخور وفي خامات اليورانيوم.

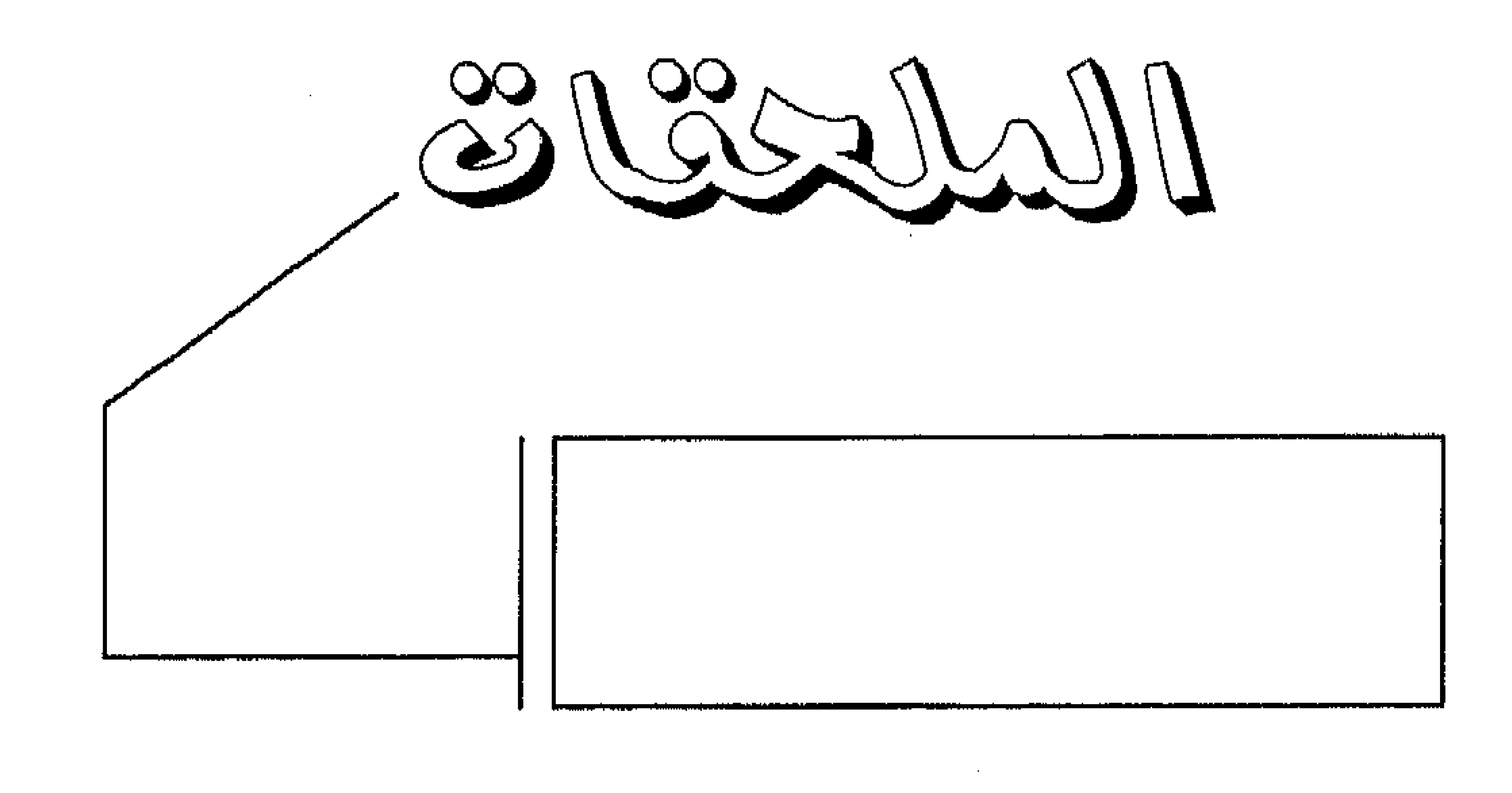
الصخور	الراديوم بيكريل/م3	الثوريوم 232 بيكريل/م3	البوتاسيوم 40 بيكريل/م3
اليورانيوم الطبيعي	25- 80	20- 80	620- 1500
اليورانيوم الغني باليورانيوم والثوريوم	100- 500	40- 400	1200- 1900
الصخور الرملية	1- 60	5- 40	100- 1500
الصخور الكلسية	40- 50	0.5- 10	30- 160
الطين الصفحي	10- 125	5- 6	300- 1800
الطين الصفحي الأسود	10- 2000	10- 50	300- 1800
الطين الصفحي الغني بالألمنيوم	125- 4300	10- 40	1000- 1800
خام اليورانيوم	1200- $^{10}25$	-	-

المراجع:

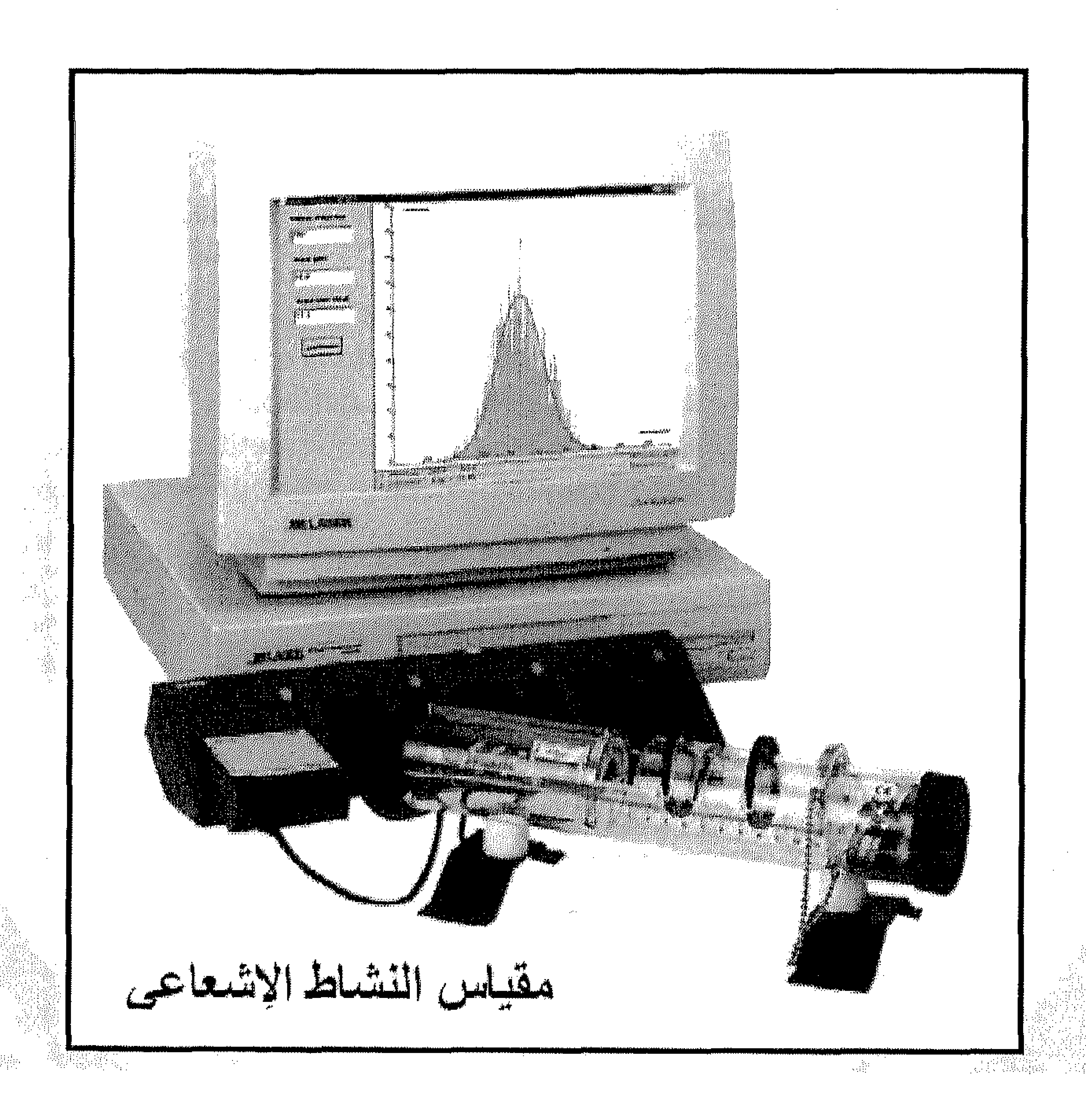
- ✓ قصة الإشعاع المؤين واستخداماته، محمد ابراهيم الجار الله /1985م
- ✓ تحرر غاز الرادون من الصخور الجرانينية المستخدمة في بناء المساكن في المملكة محم ابراهيم الجار الله .
- ✓ خطر المواد المشعة حمد عبد الله المعراج
- ✓ التلوث : إبراهيم أحمد مسلم .الطبعة الأولى.مطابع الجمعية العلمية الملكية ...
- ✓ البيئة الخليجية وعوامل حمايتها من التلوث : أحمد خليفة الحمادي والدكتور محمد الخزامي عزيز .الطبعة الأولى .إصدار جمعية أم المؤمنين النسائية .مزون للإخراج الفني (عجمان)
- ✓ التلوث مشكلة العصر : د.أحمد مدحت إسلام .عالم المعرفة يصدر من المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب (الكويت).
- ✓ التلوث البيئي أضراره وطرق معالجته دراسة علمية وتطبيقية : أحمد بن إبراهيم المحيميد.من إصدارات نادي أبها الأدبي.
- ✓ التلوث البيئي : د.عبد الوهاب رجب هاشم بن صادق .النشر العلمي والمطابع .جامعة الملك سعود .الرياض .
- ✓ التلوث الإشعاعي، د. عامر الغبيدي، المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين.
- ✓ التعرض المهني لإشعاع الطبيعي في المناجم ،د.رياض شويكاني، هيئة الطاقة الذرية سوريا
- ✓ علي عبد الحسين سعيد (بروفسير) , سهام عبد الجبار الجاسم (بروفسير) – أسس الكيمياء النووية والنشاط الإشعاعي – دار المسيرة الاولي 2001م.

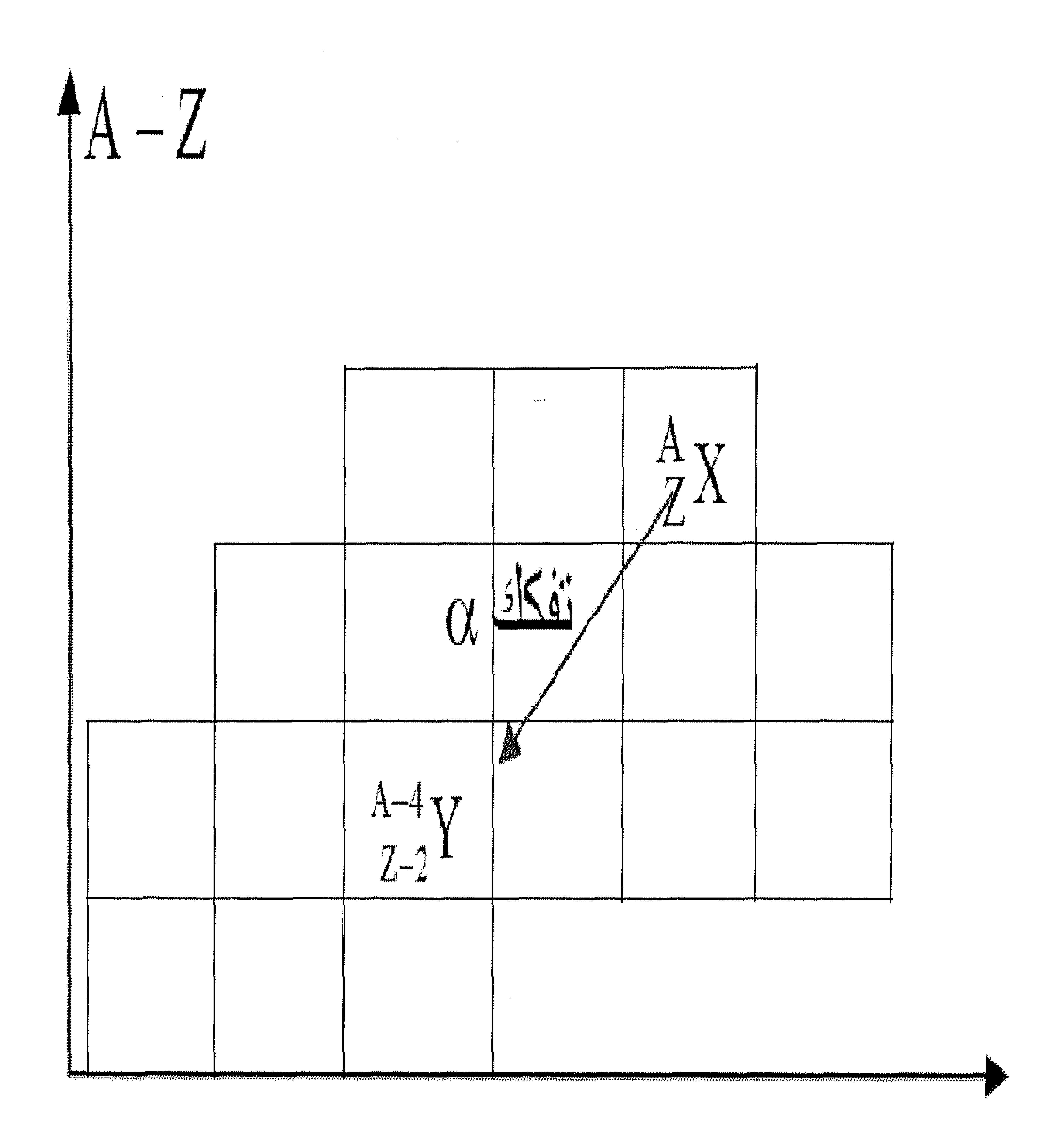
- مطاوع الاشهب (دكتور) – الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع – المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر – دمشق 1991م.
- W. Jacobi, "Interpretation of Measurements in Uranium Mines: Dose Evaluation and Biomedical Aspects" *In Proceedings of the Specialist Meeting of Personal Dosimetry and Area Monitoring for Radon and Daughters Product. Eliot Lake, Ontario, 4-8 Oct 1976*, pp. 33- 48, OECD, Paris (1977).
- W. Jacobi, "Limitation of Radiation Exposure in Uranium Mines". *In the Proceedings of the Specialist Meeting on Personal Dosimetry and Area Monitoring Suitable for Radon and Daughter Products, Paris, 20-22 Nov 1978, pp 223-232, OECD, Paris* (1979).
- M. J. Duggan, "Some Aspects of the Hazard from Airborne Thoron and its Daughter Products". *Health Physics*, **Vol.** 24 pp. 301- 310, (1973).
- ICRP Publication 60: "Recommendation of the International Commission on Radiological Protection". Annals of the ICRP **Vol.** 21(1991).
- V. E. Archer, J. K. Wagoner and F. E. Lundin, "Lung Cancer Among Uranium Miners in the United States", *Health Physics,* **Vol.** 25 pp 351- 371, (1973).
- V. E. Archer, J. D. Gillam and J. K. Wagoner, "Respiratory Disease Mortality among Uranium Miners", *Annals of New York Academy of Science*, **Vol.** 271 pp 280- 293, (1976).
- J. Svec and V. Placek, "Lung Cancer Risk in Relation to Long Term Exposure to Radon Daughters", *In Proceedings of the 2nd European Congress IRPA, Budapest (1972),* pp. 129- 136, akademiai Kiado, Budapest, (1973).

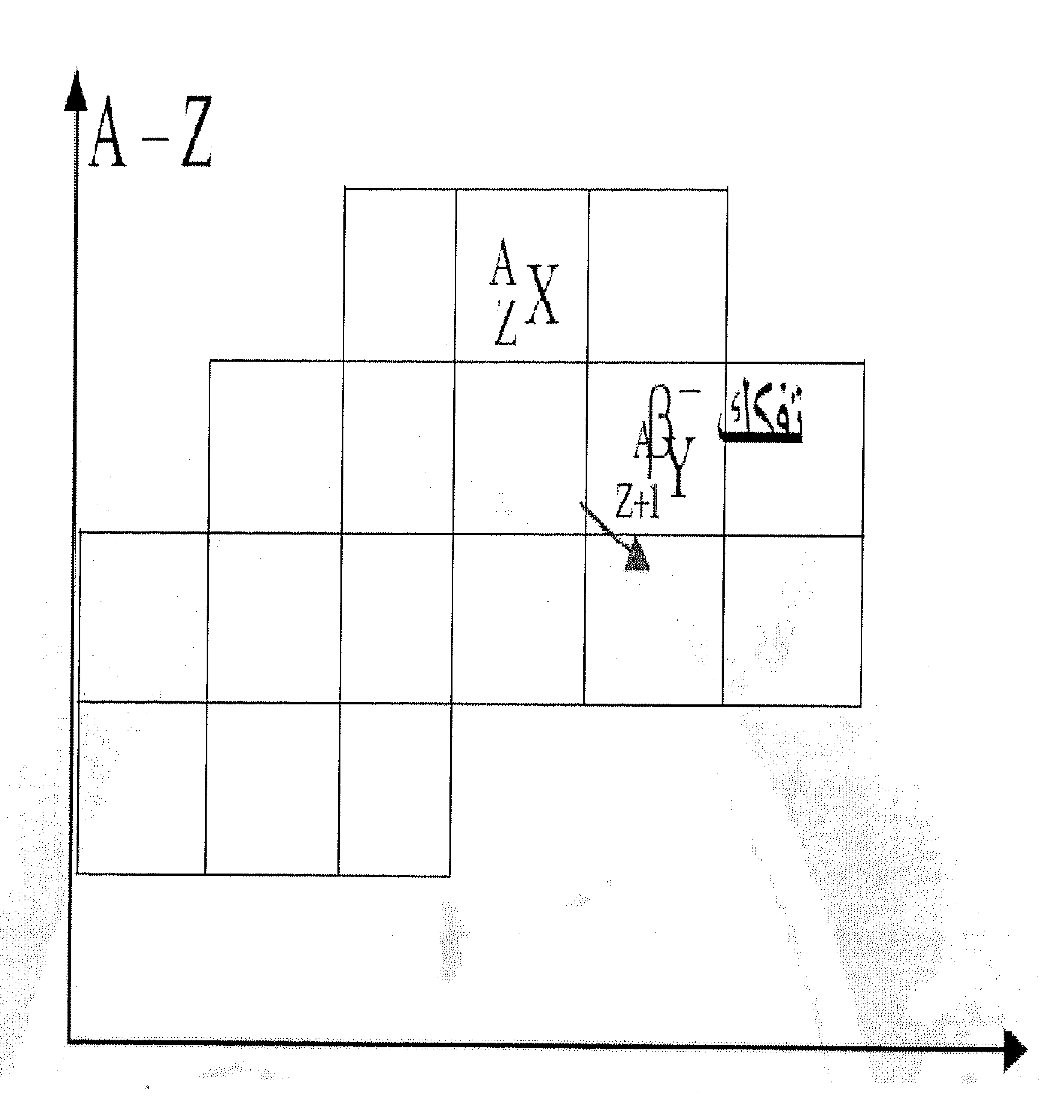
- ✓ D. W. Dixon, "Hazard Assessment of Work with Ores Containing Elevated Levels of Natural Radioactivity", *National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, OX11 0RQ, UK. Report No. NRPB-R143* (1984).
- ✓ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). "Sources and Effects of Ionizing Radiation", UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York, USA,(1993).
- ✓ E. Kunz, J. Svec, V. Placek and J. Horaceck, "Lung Cancer in Man in Relation to Different Time Distribution of Radiation Exposure", *Health Physics*, **Vol.** 36 pp 669-706, (1979).
- ✓ ICRP Publication 65: "Protection against Radon-222 at Home and Work". Annals of the ICRP Vol 23 (1993).
- ✓ International Atomic Energy Agency (IAEA), "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources", Safety Series No. 115, Vienna, (1996).
- ✓ G.S. Hewson, "Occupational Radiological Aspects of the Downstream Processing of Mineral Sands". *Radiation Protection & Dosimetry*, **Vol.** 11 (2), pp. 60- 66, (1993).
- ✓ "Radiation Protection in the Mineral Extraction Industry", NCRP Report No. 118, National Council on Radiation Protection and Measurements. 7910 Woodmont Avenue, Bethesda, Maryland 20814, USA, (1993).
- ✓ T. J. Silk, G. M. Kendall and A. W. Philips, "Revised Estimates of Dose From Ores and Mineral Sands", *Journal of Radiological Protection*, **Vol.** 15 (3) pp. 217- 222, (1995).\

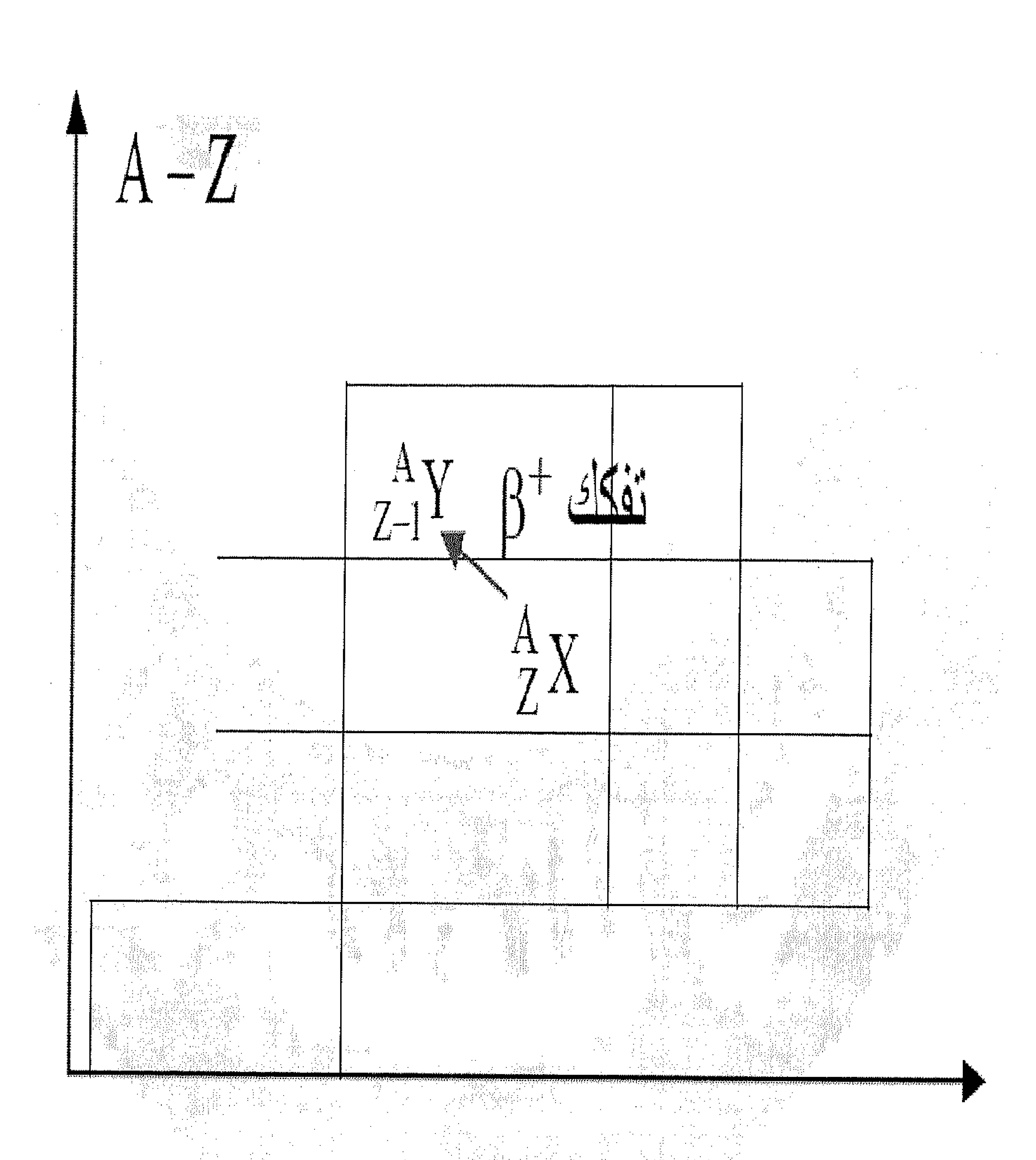

الملحقات

جهاز قياس النشاط الشعاعي


مقياس النشاط الإشعاعى


A - Z
$^{A}_{Z}X$
تفكك
α
$^{A-4}_{Z-2}Y$
Z


A - Z
$^{A}_{Z}X$
تفكك
β^-
$^{A}_{Z+1}Y$


A-Z
$^{A}_{Z-1}Y$
β^{+} تفكك
$^{A}_{Z}X$

العنصر	النظير	نصف العمر
الكربون	$^{14}_{6}C$	5730 ans
الأكسجين	$^{15}_{8}O$	2,04 mn
البوتاسيوم	$^{40}_{19}K$	$1,3 . 10^9$ ans
الكوبالت	$^{60}_{27}Co$	5,27 ans
اليود	$^{123}_{53}I$	13,2 heures
السيزيوم	$^{137}_{55}Cs$	30,2 ans
الرادون	$^{220}_{86}Rn$	58 s
الراديوم	$^{226}_{88}Ra$	1600 ans
اليورانيوم	$^{235}_{92}U$	$7,04 . 10^8$ ans
اليورانيوم	$^{238}_{92}U$	$4,46 . 10^9$ ans
البلوتونيوم	$^{239}_{94}Pu$	$2,4 . 10^4$ ans

هذا الكتاب

كلما تقدمنا فى استخدام الطاقة النووية والمصادر الاخرى للإشعاع كلما ذادت اهمية التأثيرات التى تحدثها الاشعاعات على الجسم البشرى وعلى المواد التى تستخدمها ويمكن تعلم القدر الكبير من المعلومات عن الاشعاعات ذات الطاقة العالية وذلك عن طريق دراسة الخواص النموذجية لجسيمات الفا (α) وجسيمات بيتا (β) والنيترونات وأشعة جاما(γ).

ان النشاط الاشعاعى موجود فى كل مكان وقد وجد منذ القديم على الارض حيث كان كثيفاً فى الماضى. اننا نعيش فى محيط مشع دون ان نشعر فالانسان معرض دائماً للاشعاعات حيث انه فى جسم كل منا ينتج فى المتوسط 8000 انحلال اشعاعى فى الثانية.



Design By Majdalawi

9 789957 025403

دار مجدلاوي للنشر والتوزيع
Dar Majdalawi Pub.& Dis
تليفاكس : ٥٣٤٩٤٩٧ - ٥٣٤٩٤٩٩
Telefax : 5349497 - 5349499
ص.ب : ١٧٥٨ الرمز ١١٩٤١
P.O.Box : 1758 Code 11941
عمان - الاردن
Amman - Jordan
www.majdalawibooks.com
E-mail:customer@majdalawibooks.com